Q56
.R47
*

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME IX — 20 JANVIER 1906

(TRENTIÈME ANNÉE; TOME LIX DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(**M. J. Thirion**)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1906

10. 1876 FEBY 5.

LE CHANOINE NICOLAS JEAN BOULAY

La Société scientifique vient de faire une perte bien grande et bien douloureuse en la personne de M. le Chanoine Boulay, doyen de la Faculté des sciences à l'Université catholique de Lille, décédé le 19 octobre, à l'âge de 69 ans. Les qualités éminentes de notre regretté confrère, la part active qu'il a prise à nos travaux, sa haute science, sa grande modestie nous font un devoir de lui adresser un suprême adieu et de consacrer à sa mémoire un souvenir reconnaissant.

M. le Chanoine Nicolas Jean Boulay naquit en 1837 à Vaguey, non loin de Remiremont dans les Vosges. Il se fit remarquer de bonne heure par la fermeté de son caractère et par la précision de son esprit. Ses études en littérature, en philosophie et en théologie furent des plus brillantes ; mais ce fut surtout vers les sciences naturelles que sa vocation scientifique se dessina. Tout jeune encore il s'occupa des ronces de la Lorraine ; il était encore étudiant au séminaire, lorsqu'il entra en relation avec le savant professeur Godron de Nancy. Celui-ci encouragea le jeune abbé dans ses études et le poussa à publier, en 1864, son premier travail sur ce groupe important de végétaux.

Nommé quelque temps vicaire au sortir de sa théologie, M. Boulay fut bien vite, à la demande de ses anciens maîtres, rappelé comme professeur au séminaire de St-Dié

par l'éminent cardinal Caverot qui avait apprécié ses talents et deviné son avenir.

Si l'on veut savoir quel fut son enseignement dans ce milieu choisi, on n'a qu'à visiter le diocèse de St-Dié. Tous ceux qui eurent l'avantage d'être ses disciples redisent avec émotion quel zèle il apportait dans ses fonctions, combien il passionnait le jeune clergé pour les sciences et quelles belles excursions il lui procurait dans les montagnes qui encadrent si gracieusement la ville. Tout lui était également familier : la botanique, la zoologie, la géologie, la physique, la chimie ; et, de ses connaissances si variées, il savait toujours tirer une conclusion philosophique qui élevait l'âme de ses élèves vers Dieu et les armait pour les combats de l'avenir.

Cependant, c'était vers la liberté de l'enseignement supérieur catholique qu'allaient ses préférences. Aussi, lorsque le R. P. d'Alzon annonça qu'il allait fonder une Université catholique à Nîmes, M. Boulay fut des premiers à donner son concours. Si les projets du R. P. d'Alzon n'aboutirent pas, du moins les quelques années que notre savant confrère passa à Nîmes et à Marseille ne furent pas sans résultat. Il eut le talent et le courage, en dépit d'un enseignement chargé, de préparer seul et de conquérir avec succès le grade de licencié ès sciences naturelles.

L'heure était venue où, dans la capitale du Nord de la France, des catholiques intelligents et généreux songèrent, cette fois pratiquement, à constituer une véritable Université catholique. L'appel qu'ils firent à M. Boulay fut entendu et le savant botaniste vint des premiers à Lille avec de belles collections de zoologie, de botanique et de géologie qu'il avait en grande partie recueillies lui-même.

La chaire qu'il devait occuper était celle de botanique, sa science préférée ; mais, comme il se trouvait presque seul au début, il dut à la fois pourvoir à l'enseignement complet des sciences naturelles, créer un jardin botanique, classer les collections et contribuer à l'organisation du

cabinet de physique aussi bien que des laboratoires de chimie. Tout autre aurait succombé sous une si lourde tâche : loin d'en sentir le poids, M. Boulay trouva encore le temps de préparer et de soutenir, en 1876, devant la Faculté des sciences de Caen, deux belles thèses qui lui valurent le grade de docteur ès sciences. La première avait pour objet : *Les principes généraux de la distribution des mousses ;* la seconde : *Le terrain houiller du Nord de la France.*

Depuis cette date, ses publications ne cessèrent point. Il mena tout de front : la botanique descriptive, la paléontologie végétale, les discussions philosophiques, la pédagogie scientifique ou l'enseignement des sciences dans les petits et les grands séminaires, l'anthropologie, la sociologie, le développement des collections, la nouvelle organisation du jardin botanique, la fondation d'une société pour l'étude des ronces, la fondation d'une société semblable pour l'étude des mousses, la création de la Revue de Lille, l'organisation, à l'Université, de conférences d'anthropologie, et, par dessus tout, la préparation toujours parfaite, toujours méthodique des étudiants au grade si difficile de la licence.

Nos Annales et notre Revue des Questions scientifiques sont remplies de ses travaux : Analyse du beau travail de M. Grand Eury sur le *Bassin houiller de la Loire* (1877) ; *Recherches de paléontologie végétale sur le Bassin houiller du Nord de la France* (1879) ; *Notices sur les Moraines profondes des anciens glaciers* dans les hautes vallées des Vosges (1882) ; *Théorie de l'Évolution en Botanique* (1893) ; *Flore fossile de Gergovie*, etc., etc.

La Revue de Lille, dont il fut l'un des principaux fondateurs et à laquelle il collabora si activement, s'honore d'avoir enregistré dans ses numéros : ses études sur les *Sciences naturelles et la Bible* (1893) ; ses publications sur le *Transformisme* (1890-1891) ; ses aperçus sur l'*Ancien-*

neté de l'homme (1894); ses observations sur la *Formation scientifique des professeurs ecclésiastiques* (1894); sa critique des *Sermons laïcs d'Huxley* (1894); ses remarques sur le *Congrès scientifique international des catholiques* (1894); son travail sur l'*Origine de l'espèce humaine*, etc., etc.

A Colmar, il publia une belle étude sur la *Paléontologie végétale du Terrain houiller des Vosges* (1879); à Marseille, des annotations sur quelques *Mousses de la région méditerranéenne* (1881); à Lille, un aperçu général sur les *Arbres* (1888), les *Premiers Jours de la Genèse* (1890), la *Flore pliocène de Thézier* (Gard) (1890), un *Traité d'anthropologie* (1896).

Mais son grand travail, celui qui fait l'honneur de sa vie, est son savant *Traité des Muscinées*. La première édition en un volume avait été saluée du titre d'*opus praestantissimum* par les Allemands. Il le développa depuis et fit paraître le premier volume d'une seconde édition en 1883. Le second volume avait été édité en 1904; il était occupé à la rédaction du troisième, lorsque la mort vint le frapper sur la brèche. Nous espérons qu'il se rencontrera quelqu'un pour achever ce travail monumental où l'on ne sait ce qu'il faut le plus admirer, de l'érudition ou de la précision scientifique de l'auteur.

Dans son deuil notre Société scientifique est fière d'avoir compté M. Boulay dans son sein, de l'avoir appelé depuis longtemps à la présidence de la troisième section et tout dernièrement à la présidence générale. Bon nombre d'autres sociétés s'honorèrent de le compter parmi leurs membres : les Sociétés scientifiques de Colmar, de Marseille, de Besançon, et surtout les deux grandes Sociétés géologique et botanique de France. Cette dernière fut unanime en 1898 à l'appeler à la vice-présidence, malgré son éloignement de Paris.

Tant de travaux, tant de science méritaient des récompenses. Par deux fois les suffrages des collègues de M. Boulay et la confiance des évêques l'appelèrent au décanat : Monseigneur de Saint-Dié lui conféra le titre de Chanoine honoraire de sa cathédrale et Monseigneur de Cambrai lui envoya pareille distinction, heureux d'attacher à son église métropolitaine un prêtre d'un tel mérite. Inutile de dire que ces honneurs ne changèrent rien aux habitudes de modestie et de travail de M. Boulay.

Beaucoup d'autres distinctions lui seraient encore arrivées, s'il avait été de l'enseignement officiel ; mais ce saint prêtre était au-dessus de toutes les récompenses humaines. Sa grande satisfaction était de faire mieux connaître le Dieu des sciences et de mieux faire estimer son Église. Nous espérons que Dieu lui a accordé là Haut la contemplation de cette vérité qu'il aimait tant, et nous souhaitons pour l'Église d'avoir toujours des maîtres tels que M. le Chanoine Boulay.

Chanoine Bourgeat.

LES OBSERVATOIRES

DE

LA COMPAGNIE DE JÉSUS

AU DÉBUT DU XXe SIÈCLE

A la fin du XVIIIe siècle, au moment de la suppression de leur Ordre, les Pères de la Compagnie de Jésus étaient à la tête de 30 observatoires, sur 130 environ qui existaient à cette époque. De ces 30 observatoires, les uns cessèrent d'exister, les autres passèrent en de nouvelles mains.

Fidèle à son passé et aux grandes idées qui avaient fait sa gloire, la Compagnie de Jésus renaissante, au fur et à mesure de ses moyens, reprit les travaux scientifiques interrompus. Dix ans à peine après son rétablissement, elle rentrait en possession de l'Observatoire du Collège Romain, en 1824. L'Observatoire de Georgetown se fondait en 1842, celui de Stonyhurst en 1844 ; d'autres suivirent bientôt.

Au début du XXe siècle, moins de cent ans après son rétablissement, les Pères de la Compagnie de Jésus dirigent plus de vingt observatoires. Deux pourtant leur ont été enlevés : celui du Collège Romain, et celui de Quito ; c'étaient les deux seuls qui fussent régulièrement subventionnés par des gouvernements. La Compagnie doit

suffire, à peu près seule, aux dépenses de tous les autres, à l'exception de celui de Manille.

De ces observatoires, tous, évidemment, n'ont pas la même importance : ceux de Georgetown, Stonyhurst, Manille, Zi-ka-wei, Kalocsa et Tananarive, classés ainsi par ordre de date de fondation, concentrent, à l'heure qu'il est, la majeure partie de l'activité scientifique et sont universellement connus. D'autres, tout en étant des observatoires de recherches, sont plus récents ou ont une moindre renommée ; d'autres enfin sont plutôt des observatoires de collèges et en complètent heureusement l'enseignement.

Il nous a semblé intéressant de fixer la physionomie des observatoires actuellement existants, en réunissant, dans une série de notices, les étapes de leur histoire et les détails de leur fonctionnement. Ce sera, du même coup, réunir et classer des documents trop épars.

L'histoire des anciens observatoires de la Compagnie de Jésus mériterait d'être écrite ; elle nécessite de longues et minutieuses recherches que nous espérons pourtant mener à bien. A cette histoire pourront être adjointes, comme traits d'union avec les notices suivantes, des notices sur quelques observatoires, fondés, puis supprimés, dans le courant du XIXe siècle : ainsi l'Observatoire de Quito, dirigé par les Jésuites de 1870 à 1875, celui de l'Université St-Louis (États-Unis), fondé en 1855, supprimé en 1888, d'autres encore. L'Observatoire du Collège Romain, malgré le renom que lui ont donné, de 1824 à 1879, ses illustres directeurs, ne doit pas cependant être séparé de ses jumeaux du XVIIe siècle ; son histoire, pour être comprise, ne doit pas être fragmentée.

Bien que renfermant quelques détails biographiques, les pages qui suivent contiennent surtout des monographies d'observatoires. Ennemis, amis, membres même de la Compagnie de Jésus, y verront comment elle comprend, de nos jours encore, l'apostolat de la science.

OBSERVATOIRE DE GEORGETOWN (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — Le collège de la Compagnie de Jésus à Georgetown est le plus ancien des États-Unis ; il fut fondé en 1789 par le Père Jean Carroll, quelque temps avant son élévation à l'épiscopat. L'Observatoire de Georgetown est lui-même l'un des premiers de la République Américaine, car il date de 1842-43. Il est par conséquent contemporain de l'Observatoire Naval de Washington, son puissant voisin d'aujourd'hui, et de sept ans seulement plus jeune que l'Observatoire de Williams College, le plus ancien des États-Unis.

L'Observatoire de Georgetown fut construit et organisé par le Père Jacques Curley. Né le 25 octobre 1796, dans le comté de Roscommon, en Irlande, Jacques Curley arriva à Philadelphie en 1817. Il n'avait fait encore que des études primaires, mais montrait déjà certaines aptitudes pour les sciences exactes. Après avoir, durant neuf ans, exercé de petits emplois de teneur de livres et de professeur d'arithmétique, à l'âge de 30 ans il commença ses études de latin au séminaire de Washington. En 1827 il entrait au noviciat de la Compagnie de Jésus à Georgetown ; son noviciat terminé, il était nommé professeur de sciences au Collège de cette ville ; il devait occuper cette chaire pendant quarante-huit ans.

En 1841, sous le rectorat du Père Thomas Jenkins, on décida d'annexer au Collège de Georgetown un observa-

(1) Georgetown College Observatory. *Georgetown* (D. C.). États-Unis.

toire destiné à compléter l'enseignement des sciences. Le Père Jenkins et le Père Charles Stonestreet réunirent les fonds nécessaires ; le Père Curley choisit l'emplacement, dessina les plans et réussit, au bout de peu de temps, à réunir une série d'instruments de premier ordre, dont plusieurs, aujourd'hui, fournissent encore un bon usage. Citons un instrument méridien d'Ertel, de Munich, monté en 1844, un équatorial de Troughton et Simms, de Londres, monté en 1849, deux pendules sidérales de Molyneux.

Profitant des instants de loisir que lui laissait son enseignement au collège, le Père Curley se mit au travail. Avec le concours de Sir G. B. Airy, Astronome Royal à Greenwich, il commença, par une suite de mesures de culminations d'étoiles circumpolaires, à déterminer la latitude du nouvel observatoire, puis sa longitude, au moyen d'une suite d'observations d'occultations d'étoiles par la lune. L'opération fut si bien menée qu'une nouvelle détermination, faite plus tard par la méthode télégraphique, indiqua une erreur d'à peine trois dixièmes de seconde.

Le Père Curley corrigea également les calculs faits pour la détermination du méridien de Washington ; les observations qu'il fit dans ce but ont été, plus d'un demi-siècle après, reconnues fort exactes par les astronomes officiels du gouvernement des États-Unis.

La révolution de 1848, en exilant les Jésuites italiens, fournit des assistants au Père Curley. Le célèbre Père de Vico, directeur de l'Observatoire du Collège Romain, et surnommé le Chasseur de comètes, passa quelques mois à Georgetown, mais revint mourir à Londres, à 43 ans à peine. Le Père Sestini, élève du Père de Vico, et qui avait publié déjà à Rome un mémoire sur les couleurs des étoiles, reprit à Georgetown ses observations. En 1850, il entreprit une étude suivie des taches du Soleil et la poursuivit journellement, pendant près de deux mois ; les magnifiques

dessins qu'il en fit furent lithographiés et publiés par le Naval Observatory. Le Père Sestini composa en outre une série d'ouvrages de mathématiques.

Le Père Secchi, chassé lui aussi d'Italie, où il était professeur de physique, à Lorette, alla passer quelque temps à l'Observatoire de Stonyhurst, puis vint à Georgetown. Il y resta un an et y composa un traité sur la mesure des résistances électriques, qui fut publié en 1852 dans les Smithsonian Contributions to Knowledge; c'est le premier ouvrage sorti de son infatigable plume. — S'il ne coopéra pas directement aux travaux des Pères Curley et Sestini, on peut penser qu'il profita du moins de leur savoir, car en 1849 il était rappelé pour recevoir à Rome la succession du Père de Vico : la direction de l'Observatoire et la chaire d'astronomie à l'Université Grégorienne.

En 1852, le Père Curley, dans un volume de 215 pages in-quarto, intitulé Annals of the Observatory of Georgetown College, résumait les travaux des dix années précédentes. Ce volume marquait la fin de la première étape de la vie de l'Observatoire. La guerre civile qui survint à cette époque, puis la reconstruction complète du Collège de Georgetown, firent oublier durant plusieurs années les travaux astronomiques. Le Père Curley exerça alors pendant dix ans les fonctions de *Socius* de trois Provinciaux, les Pères Brocard, Stonestreet et Villiger, et celles de Procureur de Province, qui lui prirent une grande partie de son temps.

En 1879, le Père cessait de professer la physique. Le Père Ryan, son successeur, prenait part, la même année, à une expédition scientifique organisée par le Père Sestini pour observer l'éclipse de Soleil du 29 juillet.

En 1889, le Collège de Georgetown célébrait de grandes fêtes à l'occasion du centenaire de sa fondation. Le Père Curley, qui y résidait depuis 58 ans, put prendre encore part à ces solennités, puis, comme s'il n'eût attendu que cela pour mourir, il s'éteignit doucement le 24 juillet, à

l'âge de 93 ans. Sa calme et longue vie, tout entière dévouée à l'étude et à l'enseignement de l'astronomie et de la physique, sciences auxquelles, vers la fin, il ajouta la botanique, a laissé dans l'esprit de tous ceux qui l'ont connu, une impression d'unité grandiose et de délicieuse harmonie.

Réorganisation. — Le Collège de Georgetown complètement reconstruit et agrandi, on s'occupa sans tarder de son important auxiliaire, l'Observatoire ; il avait jusqu'alors bien rempli son rôle d'observatoire de maison d'éducation ; on décida de le consacrer à de hautes recherches scientifiques. Dès 1888, le Père J. G. Hagen en fut nommé le second directeur. Sous sa direction, l'Observatoire fut remanié de fond en comble en 1889 et mis à la hauteur de son nouveau rôle. C'est aujourd'hui un observatoire astronomique de premier ordre.

Le Père Hagen s'est surtout consacré à des études de photométrie stellaire. Les nombreux travaux qu'il a publiés sur ce sujet, son grand Atlas des étoiles variables, un ouvrage désormais classique, témoignent de ses connaissances techniques et de sa remarquable activité. Nous en reparlerons bientôt en détail.

En 1890, le Père Fargis était nommé assistant du Père Hagen, et, depuis, s'employait à perfectionner le photochronographe ; la même année, le Père William Rigge, le directeur actuel de l'Observatoire de Creighton (Omaha), venait passer un an à Georgetown pour étudier les étoiles variables.

En 1891, le Père Hedrick est venu, à son tour, compléter le brillant personnel de l'Observatoire de Georgetown, et s'adonner tout entier, lui aussi, à l'observation des étoiles.

En 1893 enfin, le Père Algué, le savant directeur de l'Observatoire de Manille, venait, durant deux ans, apporter à Georgetown le concours de son esprit inventif et coopérer aux intéressants travaux qui s'y exécutent.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire de Georgetown, dans son état actuel, se compose d'un bâtiment central, à trois fenêtres de façade, et de deux ailes (Pl. I, fig. 1). Le bâtiment central a trois étages : le premier contient quatre pendules et les appareils électriques; le second renferme la bibliothèque, très complète ; le troisième supporte la coupole et abrite un équatorial Fauth avec une lentille de 30 centimètres. Les deux ailes renferment, l'une un instrument des passages, de 11,25 centimètres, signé d'Ertel, l'autre une lunette photographique de transit, de 22,5 centimètres, due à Saegmüller. Une annexe située à l'est contient un télescope zénithal de 15 centimètres, servant à la photographie, et un petit dôme abrite l'équatorial de 12 centimètres qui se trouvait primitivement, du temps du Père J. Curley, sous la coupole centrale.

L'Observatoire possède un assez grand nombre d'autres instruments de moindre importance ; signalons un chronographe de Fauth, plusieurs horloges, dont une de Riefler, marchant dans une enceinte où l'on a fait un vide partiel. Le cercle méridien de Troughton et Simms avec lunette de 10 centimètres, qui servit de longues années dans l'aile orientale, a été échangé pour la lunette méridienne photographique.

Un fil relie l'Observatoire au Western Union Telegraph et lui permet de recevoir ainsi les signaux quotidiens du Naval Observatory.

Inventions et travaux. — Nous avons mentionné les travaux exécutés à Georgetown par les Pères Sestini et Curley sur les taches solaires. Les travaux faits depuis 1889 peuvent se ranger dans deux catégories : étude des

Fig. 1. — Observatoire de Georgetown.

Fig. 2. — Passage de Sirius, photographié au moyen du photochronographe.

étoiles variables, applications de la photographie aux passages d'astres.

Sans être le créateur d'une branche nouvelle de l'astronomie, comme l'a été le Père Secchi, le Père Hagen a cependant le mérite d'avoir aiguillé dans un sens complètement nouveau l'étude des étoiles variables. A la suite de longues et patientes recherches, il a commencé, en 1899, la publication d'un *Atlas Stellarum variabilium*, qui vient combler une lacune souvent déplorée et donner aux observateurs une base solide et un point de départ sûr de leurs travaux. L'atlas se compose de 250 cartes ; il y a une carte pour chaque étoile, à moins que la position très rapprochée de deux ou trois d'entre elles ne permette de les grouper ensemble. L'étoile en observation occupe le centre de la carte ; tout autour un carré, dans une étendue d'un demi-degré, comprend toutes les étoiles jusqu'à la 13e grandeur, utilisables pour l'identification ou la comparaison des variations d'éclat de la première. Ces étoiles, termes de comparaison, sont portées sur la carte avec une rigoureuse exactitude. Un second carré, circonscrit au premier, et s'étendant sur un espace de un degré, donne les étoiles avoisinantes, dont les positions ont été copiées sur les cartes de Bonn.

L'*Atlas Stellarum variabilium* comprendra cinq séries.

Série I. Étoiles comprises entre les déclinaisons de 0° et de — 25° et qui, à leur minima d'éclat, deviennent plus faibles que la 10e grandeur (44 cartes).

Série II. Étoiles de même nature, comprises entre les parallèles de 0° et de + 25° (46 cartes).

Série III. Étoiles de même nature, comprises entre les parallèles de + 25° et + 90° (37 cartes).

Série IV. Étoiles comprises entre — 25° et + 90° et qui, à leur minima, ne deviennent pas plus faibles que la 10e grandeur (96 cartes).

Série V. Étoiles comprises entre les parallèles de — 25°

et + 90° et qui, à leur minima, sont plus brillantes que la 7e grandeur (17 cartes). — Sous presse.

Cet Atlas des Étoiles variables a déjà rendu de grands services : en mars 1900, par exemple, la carte du Père Hagen pour la *Nova Persei*, permit de contrôler et de discuter d'une façon fort précise les observations qui en furent faites.

Le Professeur E. C. Pickering, de l'Observatoire de Harvard College, s'intéressait tellement à la publication de cet ouvrage qu'il obtint de Miss Catherine Bruce, la grande bienfaitrice des astronomes, une riche mise de fonds, grâce à laquelle l'éditeur put se mettre à l'œuvre. Grâce également à ces deux amis de la science, le Père E. Gœtz sera bientôt en possession d'un équatorial de 30 centimètres, qui lui permettra de compléter à Buluwayo, dans la Rhodesia, au sud de l'Afrique, l'œuvre du Père Hagen, en dressant la carte des étoiles variables de l'hémisphère austral.

Parallèlement à cet Atlas, et en collaboration avec les Pères E. Gœtz et R. Martin, le Père Hagen a publié en 1903 les observations d'étoiles variables faites par Édouard Heis de 1840 à 1877, et par Adalbert Krüger de 1853 à 1892. S'attachant à les classer et à les calculer sous la forme et d'après les formules adoptées aujourd'hui, il les a rendues plus accessibles aux astronomes, dont il a mérité ainsi la vive reconnaissance.

Une seconde catégorie de travaux exécutés à l'Observatoire de Georgetown consiste dans la recherche de moyens propres à éliminer ce qu'en termes techniques on appelle « l'équation personnelle ». On sait que lorsqu'un astronome observe le passage d'une étoile devant le réticule d'une lunette et pointe l'heure de ce passage, il s'écoule un « temps perdu » appréciable entre l'observation et le pointage. Ce « temps perdu », qui constitue « l'équation personnelle » de l'astronome, varie d'un individu à l'autre, peut même varier d'un jour à l'autre pour

un même individu. On a donc intérêt à éliminer cette source d'erreur.

Deux Jésuites se sont attaqués à ce problème : le Père Charles Braun, ancien directeur de l'Observatoire Haynald, à Kalocsa — nous parlons de sa méthode dans la notice de cet Observatoire — et le Père Fargis, aidé des Pères Algué, Hedrick et Rigge, à Georgetown.

Une plaque photographique de sensibilité constante, sur laquelle l'étoile trace son image, est évidemment le meilleur enregistreur possible et réduit au minimum l'erreur et par suite la correction. D'ailleurs cette correction est toute mécanique, et peut être facilement déterminée. Les premières expériences faites dans ce sens sont dues au Professeur E. C. Pickering, en 1886. Elles furent reprises en 1889, à Georgetown même, par M. Bigelow et M. Saegmüller, aidés du Père Hagen. La même année, le Père Fargis arrivait à l'Observatoire et, peu à peu, inventait et perfectionnait le *Photochronographe*. Voici le principe de sa méthode.

On remplace le réticule par une lame de verre sur laquelle est gravé un trait coïncidant avec la méridienne de la lunette ; derrière ce réticule simplifié on met une plaque photographique. Les rayons provenant de l'étoile dont on va observer le passage devraient en donner une image sur la plaque ; ils sont interceptés par une mince et légère languette de métal, fixée à l'armature d'un électro-aimant. A chaque seconde, une horloge à contact électrique ouvre ou ferme le circuit, et déplaçant ainsi la languette pendant un dixième de seconde, laisse la plaque s'impressionner librement. De plus, à chaque minute, la languette, maintenue au repos pendant deux ou trois secondes, produit des interruptions d'image qui servent de repères. Le passage terminé, une lampe électrique, allumée devant l'objectif de la lunette, donne sur la plaque l'image de la ligne méridienne de l'instrument. On a ainsi sur cette plaque la trace de cette méridienne, une

série d'images de l'étoile séparées par un intervalle de neuf dixièmes de seconde, et, toutes les minutes, par un intervalle de deux ou trois secondes (Pl. I, fig. 2). On n'a plus qu'à mesurer au microscope les positions relatives des images et de la ligne méridienne, pour calculer immé-

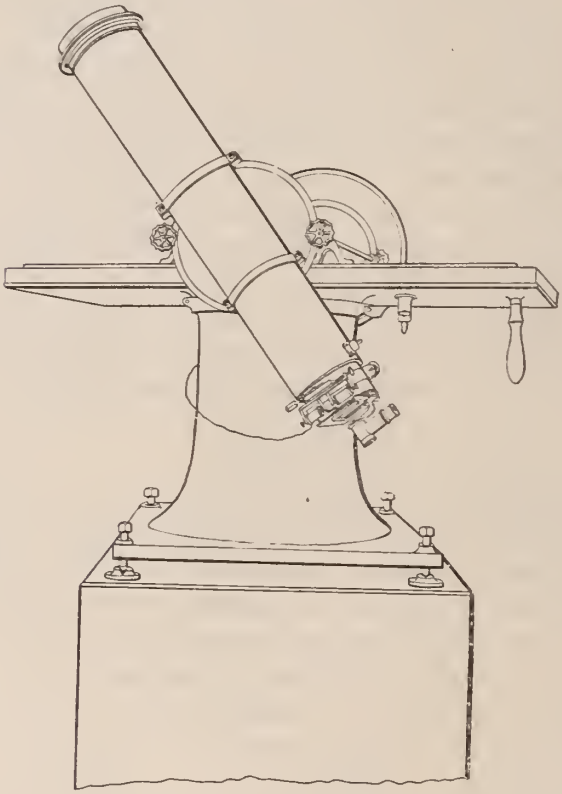


Fig. 5. — Floating Zenith Telescope.

diatement l'heure du passage de l'étoile dans le plan méridien de la lunette.

Cette application du photochronographe a réalisé tout ce qu'on en avait espéré. On peut s'en convaincre par la discussion complète des passages de 161 étoiles qu'a faite le Père Hedrick dans une brochure intitulée : *Photographic Transits of 161 Stars* (Washington, 1896).

Perfectionné, le photochronographe du Père Fargis a permis depuis la détermination exacte des latitudes. On l'a, dans ce but, utilisé à l'Observatoire de Georgetown, sous trois formes différentes.

La première forme, inventée en 1891, par le Père Fargis, consiste à adapter le photochronographe à une lunette zénithale flottant sur un bain de mercure (Floating Zenith Telescope fig. 3).

Dans la seconde forme (Reflecting Zenith Telescope fig. 4), due au Père J. Algué, directeur de l'Observatoire de Manille, qui la combina à Georgetown en 1893, deux lunettes sont montées bout à bout, de façon à ce que leurs deux objectifs soient aux deux extrémités opposées, et que leurs foyers coïncident. Au foyer commun se trouve une pellicule photographique. Les objectifs reçoivent respectivement les rayons émanés de deux étoiles situées de part et d'autre du zénith, l'un directement, l'autre après réflexion sur un bain de mercure, et forment de ces

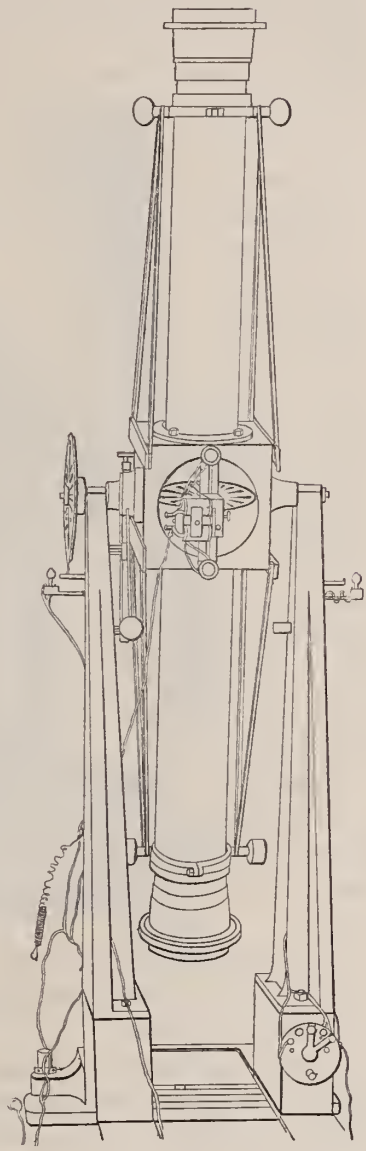


Fig. 4.— Reflecting Zenith Telescope.

deux étoiles des images sur la pellicule. Chaque seconde, l'arrivée des rayons est périodiquement interrompue au moyen d'un disque tournant à secteurs alternativement pleins et évidés. Les passages effectués, on détermine sur la pellicule les deux points où les traces des étoiles coupent le plan méridien du lieu : la somme des distances de ces points à l'axe de collimation de l'instrument donne la différence des distances zénithales des deux étoiles, et par suite la position du zénith.

Enfin, dans le troisième procédé (Photographic Zenith Telescope fig. 5), on utilise simplement une lunette zénithale ordinaire, dans laquelle une plaque sensible vient remplacer le micromètre oculaire employé habituellement. Avec cet instrument, le Père William Rigge a commencé en 1895 une série complète d'observations sur les variations de latitude des étoiles, série continuée depuis par le Père Hedrick.

Grâce à ces différentes inventions, on peut donc, à l'heure qu'il est, déterminer photographiquement longitudes et latitudes, et calculer les variations de ces dernières avec la plus complète précision, sans avoir à tenir compte de l'équation personnelle des observateurs ; toutes les observations sont, par suite, comparables.

Ajoutons que le photochronographe peut rendre également de grands services pour les mesures concernant les étoiles doubles et les planètes. A l'Observatoire de Georgetown, on l'a déjà, depuis plusieurs années, employé à cet usage.

Ces quelques lignes suffiront sans doute à montrer l'intérêt des recherches scientifiques exécutées à l'Observatoire de Georgetown.

Notons, en terminant, que l'on doit encore au Père Hagen un ouvrage en quatre volumes in-quarto intitulé : *Synopsis of Higher Mathematics*. « L'œuvre entreprise par le R. P. Hagen, écrivait le Professeur Gilbert, de l'Université de Louvain, dans un compte rendu du premier

volume de la *Synopsis*, est à la fois colossale dans le travail qu'elle réclame, d'une importance considérable par son utilité indiscutable, enfin véritablement neuve comme conception. » Cette savante encyclopédie a été analysée

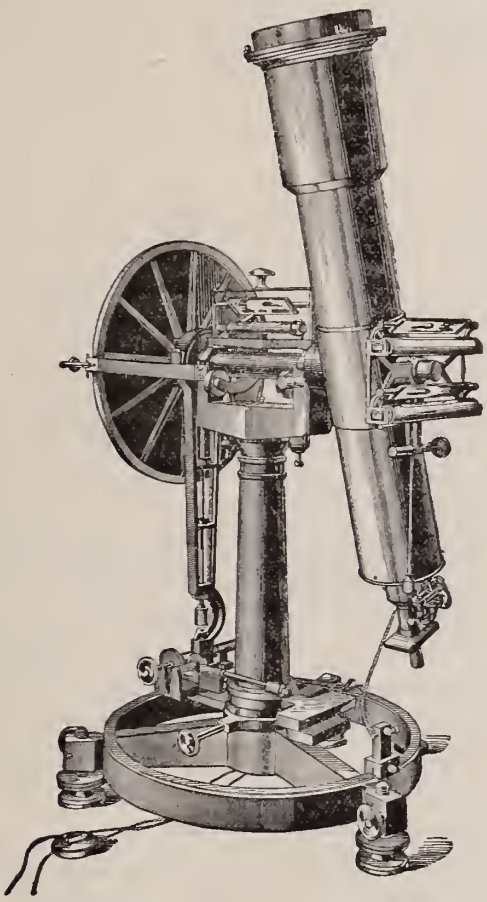


Fig. 5. — Photographic Zenith Telescope.

dans cette Revue : nous renvoyons le lecteur aux articles de MM. P. Mansion et J. Neuberg (1). Mentionnons aussi une œuvre bibliographique de premier ordre, due égale-

(1) Revue des Quest. Scientifiques, t. XXXII, p. 594 et t. XXXVII, p. 596.

ment au R. P. Hagen, l'*Index operum Leonardi Eulerii* (Berlin, F. L. Dames, 1896).

OBSERVATOIRE DE STONYHURST (1).

I

HISTORIQUE

Fondation. — Faire l'historique du Collège de Stonyhurst serait sortir complètement de notre sujet. Rappelons simplement qu'en 1592, afin d'éviter la persécution qui sévissait alors en Angleterre, les Jésuites anglais fondèrent un Collège à St-Omer. En 1762, la guerre, menée par le Parlement contre la Compagnie, les obligea à le transférer à Bruges. En 1773, date de la suppression par Clément XIV, Bruges fermait ses portes, mais, grâce au prince-évêque de Liége, Monseigneur Wellbruck, des Jésuites pouvaient continuer à mener entre eux dans cette ville la vie de communauté et à y diriger un collège florissant. Enfin, chassés par les armées de la Révolution en 1794, maîtres et élèves se transportèrent à Stonyhurst, dans le Lancashire, où Sir Thomas Weld, ancien élève de Bruges, leur offrait un antique domaine qui lui venait de la famille Shireburn (Pl. II, fig. 6).

Au travers de difficultés diverses, le nouvel établissement se développa d'abord assez lentement ; mais la période de 1830-1840 vint hâter sa prospérité. En 1838, se fondait l'Université de Londres avec examens et grades accessibles à tous : Stonyhurst, décidé à y présenter ses élèves, voulut se mettre à la hauteur de sa tâche. Entre

(1) Stonyhurst College Observatory, Blackburn, Angleterre.

autres améliorations, durant cette année 1838, un Observatoire s'éleva au milieu du jardin.

Cet Observatoire fut construit sur les dessins de M. Tuack, de Preston, d'après les données du Père Charles Irvine, maître scientifique du collège à cette époque. Les bâtiments consistent en une salle centrale octogonale, accolée de quatre ailes. La salle centrale, surmontée d'un dôme cylindrique, devait servir à installer un équatorial.

Le plus gros était fait ; mais il fallut attendre jusqu'en 1844 pour se procurer les instruments météorologiques essentiels, et c'est seulement en 1845 que l'équatorial de 12 cm., construit par Jones, fut mis en place.

Pourtant, dès 1842, nous trouvons le Père Henri Mac Cann nommé directeur de l'Observatoire, et il occupe ce poste ou, du moins, garde ce titre pendant deux ans, car on ne saisit pas bien en quoi pouvaient consister ses fonctions.

En 1844 et 1845, nul ne lui succède, mais en 1846, le Père Joseph Howell est envoyé comme directeur et reste à la tête de l'Observatoire jusqu'en 1851. Les Pères Adam Laing-Meason, Georges Porter et Alfred Weld l'aident dans ses travaux.

En 1848, Stonyhurst reçoit des hôtes illustres déjà ou destinés à le devenir bientôt : les Pères Secchi et de Vico, chassés d'Italie par la révolution, et dont nous aurons l'occasion de parler longuement ailleurs.

En 1851, le Père James Clare succède au Père Howell. Il est remplacé lui-même en 1856 par le Père Weld, sortant de théologie. Ce dernier se met à l'œuvre avec ardeur et donne à l'Observatoire d'importants développements. En 1858, à la suite d'une visite que fait à Stonyhurst le général Sir Edouard Sabine, membre de la Société Royale de Londres, le Père Weld reçoit des instruments pour la mesure des éléments magnétiques

terrestres, et inaugure la série, dès lors ininterrompue, des observations magnétiques (Pl. II, fig. 7).

Le Père Weld quitta Stonyhurst en 1860 ; il fut remplacé d'abord par le Père Stephen-Joseph Perry pendant deux ans, puis par le Père Jean Moore, auquel succéda le Père Walter Sidgreaves.

C'est au Père Sidgreaves que l'on doit le premier Bulletin d'observations magnétiques de Stonyhurst. Le général Sabine voulut bien se charger de le présenter à la Société Royale de Londres et en profita pour demander qu'une avance de fonds permît à l'Observatoire de faire des observations continues. La requête fut favorablement accueillie et bientôt Stonyhurst put installer des enregistreurs magnétiques. A peu près à la même époque, et également sur les instances du général Sabine, le « Board of Trade » choisissait Stonyhurst pour être l'une des sept stations météorologiques de 1e classe, et tous les enregistreurs météorologiques usités dans ce but y étaient installés. D'autre part, le Collège de Stonyhurst lui-même, jaloux de mettre la section astronomique de l'Observatoire à la hauteur des autres, fit l'acquisition d'un nouveau télescope de 20 centimètres d'ouverture, construit par Carey pour un amateur, M. Peters, et dont celui-ci ne s'était pas servi. Consulté sur sa valeur, Sir George Airy, Astronome Royal, déclara que la monture métallique était excellente, et que, l'objectif seul laissant à désirer, il serait facile, en le changeant, d'avoir un télescope de premier ordre.

Les améliorations se succédaient donc à l'Observatoire de Stonyhurst. Mais plusieurs étaient incompatibles avec son organisation d'alors. Ainsi la monture de fer du télescope nouvellement acquis ne pouvait guère voisiner avec les instruments magnétiques. On se résolut donc à des agrandissements considérables.

Organisation. — Une nouvelle construction avec dôme métallique fut élevée dans le parc, consacrée à l'astro-

Fig. 6. — Le Collège de Stonyhurst, vu de l'Observatoire.

Fig. 7. — Observatoire de Stonyhurst. Pavillon météorologique.

Fig. 8. — Observatoire de Stonyhurst, vu du Collège.

nomie, et le télescope y fut installé par M. Beck en 1867 (Pl. II, fig. 8). L'ancien observatoire fut attribué tout entier à la météorologie. Enfin une salle souterraine, creusée à côté, devint la salle des observations magnétiques.

Complètement équipé, l'Observatoire de Stonyhurst ne cessera plus de fonctionner régulièrement. Pendant plusieurs années il continua à être subventionné en qualité de station officielle du « Board of Trade ». Puis, le nombre des stations ayant été diminué, la subvention fut supprimée, et le collège prit toutes les dépenses à sa charge.

En 1868, le Père Perry reprenait la direction : il la gardera jusqu'à sa mort. Nous parlerons plus loin de ses travaux ; disons ici un mot de l'homme et de sa vie (fig. 9).

Né à Londres le 26 août 1838, Stephen-Joseph Perry fit ses études au Collège des Bénédictins de Douai où il passa sept ans. Ses dispositions pour les sciences l'y firent remarquer. Il se destinait à la prêtrise et alla commencer à Rome, au Collège Anglais, ses études de philosophie. La lecture de la vie de saint Ignace de Loyola décida de sa vocation, et, le 14 novembre 1853, il entrait au noviciat de la Compagnie de Jésus à Hodder, près de Stonyhurst. Ses études de rhétorique et de philosophie le conduisirent ensuite à St-Acheul, près d'Amiens, et à Stonyhurst. Puis ses supérieurs l'envoyèrent en 1858 à Londres et en 1859 à Paris, pour se perfectionner dans les différentes branches des sciences. Dans cette dernière ville, il eut le bonheur d'avoir pour maîtres Bertrand, Delaunay, Cauchy.

En 1860, nous retrouvons le Père Perry à Stonyhurst, professeur de physique et de mathématiques au collège et en même temps directeur de l'Observatoire. Il y reste trois ans, puis va à St-Beuno's faire sa théologie. Ordonné prêtre le 23 septembre 1866, il fait à Laon la troisième

année de probation que la Compagnie de Jésus impose à tous ses enfants, et revient à Stonyhurst prendre la direction de l'Observatoire.

Religieux d'une vertu à toute épreuve, d'une douceur et d'une égalité de caractère proverbiales, le Père Perry

Fig. 9. — Le Père Stephen Perry.

fut encore un travailleur acharné. Dès l'été de 1868, à peine installé directeur de l'Observatoire, il entreprenait, avec le Père Sidgreaves, un voyage d'exploration magnétique dans l'ouest de la France. En 1869, il faisait la même chose dans l'est. En 1871, en compagnie du Frère Carlisle,

il explorait de même la Belgique. En 1870, il avait été envoyé à Cadix, en mission officielle, pour observer une éclipse totale de Soleil. En 1874, il fait partie de l'expédition anglaise chargée d'aller observer, dans l'île de Kerguelen, au sud de l'Afrique, le passage de Vénus sur le Soleil. Il y occupe ses loisirs à faire des observations météorologiques et magnétiques. En 1882, il est de nouveau envoyé par le gouvernement anglais à Madagascar avec le Père Sidgreaves, pour observer un second passage de Vénus. En 1886, il va observer une éclipse de Soleil à Carriacou, dans les Petites Antilles; en 1887, une seconde éclipse à Pogost, sur le Volga; et en 1889, une troisième dans la Guyane, à l'île insalubre, assez dérisoirement nommée « Ile du Salut ». Il contracta dans cette dernière station une dysenterie pernicieuse dont il mourut en mer, le 27 décembre 1889, en face des côtes de la Guyane française. Il fut enterré à Demerara.

Sous la direction du Père Perry, l'Observatoire de Stonyhurst, dont il s'occupait activement malgré ses nombreuses absences, fit des progrès considérables. Les travaux en furent surtout orientés du côté de l'étude des taches solaires. Des observations quotidiennes de la chromosphère, de nombreux dessins des taches fournirent de précieux documents sur leur forme et leur mouvement de rotation. L'étude du spectre solaire, mise en honneur, comme l'on sait, par le Père Secchi, fut aussi activement poussée.

Le passage du Père Perry à l'Observatoire marque une étape notable en avant.

Le retour du Père Sidgreaves au poste de Directeur, en 1889, et ses travaux si appréciés sur les spectres stellaires, en marquent une autre non moins remarquable, dont nous allons reparler en détail.

En 1890, un grand « meeting » se réunissait à Londres pour célébrer la mémoire du Père Perry. Sur la proposition de Mgr Vaughan, évêque de Salford, depuis

cardinal-archevêque de Westminster, on décidait d'offrir à l'Observatoire de Stonyhurst, en souvenir de ce mort illustre, un objectif de premier ordre, destiné à compléter le grand télescope acheté en 1867. L'objectif, construit par Sir Howard Grubb, de Dublin, fut monté et mis en place en 1893 ; il a permis de faire depuis des photographies admirables. La lentille, de 38 centimètres d'ouverture, n'a pas coûté moins de 650 livres (16 250 fr.).

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — Les bâtiments de l'Observatoire de Stonyhurst sont situés dans le jardin qui se trouve au sud-est du collège ; ils comportent trois parties principales : un pavillon météorologique, un pavillon astronomique et une salle magnétique souterraine.

Le pavillon météorologique, on l'a vu plus haut, n'est autre que l'observatoire primitif. Il se compose d'une salle centrale éclairée par quatre fenêtres et par un vitrage cylindrique surmontant le toit. Le toit qui couvre ce vitrage supporte girouette et anémomètres. Quatre ailes en croix sont accolées à la salle centrale ; l'une soutient l'abri des thermomètres ; deux autres portent des fenêtres longues spéciales, permettant des observations à la lunette méridienne. La salle centrale contient les instruments météorologiques ordinaires. Une pelouse s'étend tout autour du pavillon ; on y a ménagé des espaces appropriés pour les abris contenant les instruments, et pour différents piliers de maçonnerie servant aux observations avec visées. Parmi les instruments, signalons spécialement un barographe et un thermographe à enregistrement photographique, automatiquement effectué par un rayon

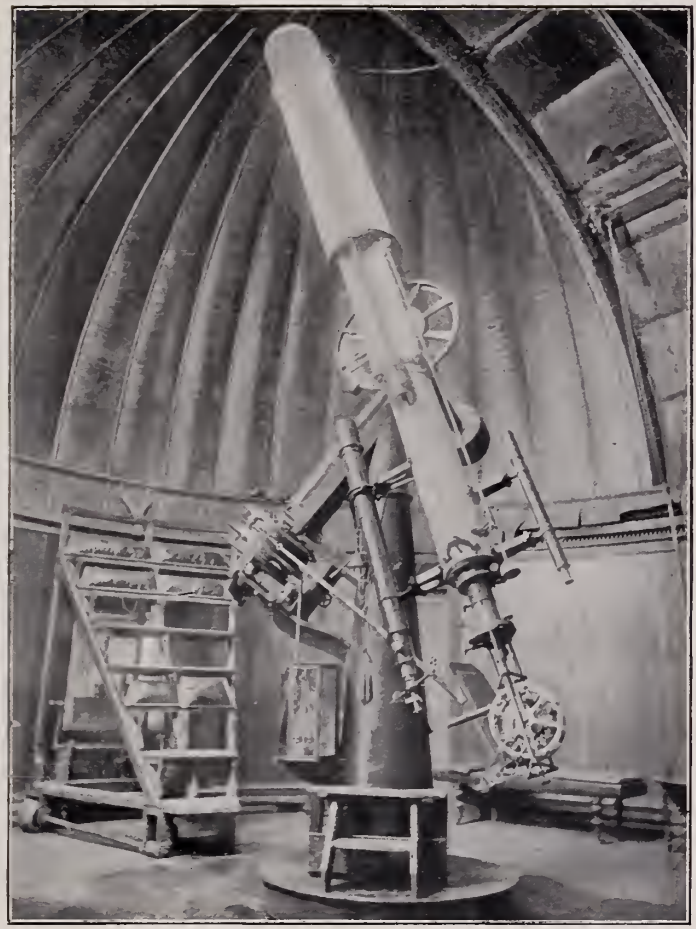


Fig. 10. — Observatoire de Stonyhurst. Equatorial.

lumineux rasant la surface de la colonne de mercure, et un pluviomètre à déversement automatique.

La pelouse qui entoure le pavillon météorologique s'incline en talus du côté opposé au collège ; ce talus, coupé en son milieu, donne accès à la salle souterraine des instruments magnétiques. Un magnétographe complet en occupe le centre et enregistre, d'une façon continue, les variations de la déclinaison, de l'inclinaison et de l'intensité. Une cabane contient un peu plus loin les instruments qui, tous les mois, servent à faire des mesures de valeurs absolues. L'un d'eux, une boussole d'inclinaison de Barrow, vient récemment de passer au nombre des reliques de l'Observatoire ; cette boussole servait aux mesures mensuelles depuis 1863 ; c'est elle qui servit au Père Perry dans ses voyages d'exploration magnétique en France, en Belgique, et dans ses expéditions lointaines de 1874 et de 1882. Elle a été remplacée par une boussole de Dover, offerte à l'Observatoire par la Société Royale de Londres.

Plus bas, à l'angle sud-est du jardin, s'élève le pavillon astronomique : construction massive, surmontée d'un dôme (Pl. II, fig. 8). C'est là qu'est installé le grand équatorial dont nous avons parlé plus haut (Pl. III, fig. 10). L'instrument primitif a été modifié : au tube solide porté par l'axe de déclinaison ont été adaptés un nouvel oculaire et un nouveau tube objectif beaucoup plus large que l'ancien, et qui contient la belle lentille de 38 centimètres, offerte en mémoire du Père Perry. L'adaptation de cette lourde pièce n'était point des plus faciles : elle a été réussie d'une façon fort satisfaisante, comme en témoignent les beaux résultats obtenus depuis par le Père Sidgreaves.

En 1903, les instruments astronomiques dont s'était servi M. le Colonel Cross à son observatoire de Redscar, furent offerts par son fils à Stonyhurst. Une lunette de 10 centimètres avec prisme photographique, provenant

de ce don, fut montée sur un pied équatorial, construit primitivement pour un télescope de Newton. Elle sert aux observations spectrales.

Le reste de l'équipement astronomique comprend : une lunette de 12,5 centimètres par Clarke, un altazimuth de 24 centimètres par Cassegrain, un télescope Newton de 18 centimètres, deux lunettes méridiennes, deux horloges sidérales, un chronomètre, un héliostat, deux spectroscopes à vision directe, l'un de Browning, l'autre de Hilger (Pl. IV, fig. 11), un grand spectroscope à quatre prismes de Troughton et Simms, un spectroscope Browning à six prismes, un prisme circulaire de 10 centimètres, et un spectroscope photographique de Hilger avec réseau Rowland. Le réseau a 8 centimètres de long et ne contient pas moins de 50 000 traits ; il a été gravé en 1887 à Baltimore, à la *John Hopkins University*.

Inventions et travaux. — Ce qui précède montre quels sont les points sur lesquels portent spécialement les travaux des observateurs de Stonyhurst : magnétisme et astrophysique. — Nous ne dirons rien de spécial des observations météorologiques qui sont consignées, depuis 1860, dans un bulletin annuel.

Les premières observations magnétiques faites à Stonyhurst datent de 1858. Le Père Weld fit à cette époque la détermination des éléments magnétiques absolus. Les observations mensuelles de déclinaison, inclinaison et intensité commencèrent en 1863 sous le Père Sidgreaves : ces observations n'étaient point, à beaucoup près, à cette époque, aussi répandues qu'elles le sont aujourd'hui, et Stonyhurst faisait preuve d'une forte avance sur bien d'autres observatoires. Peu de temps après, des enregistreurs magnétiques permettaient d'avoir des observations continues. Leurs indications, précieuses par leur continuité même, permirent, dès 1883, au Père Perry, de faire ressortir, dans différents mémoires, les liens qui existaient entre les troubles magnétiques et plusieurs

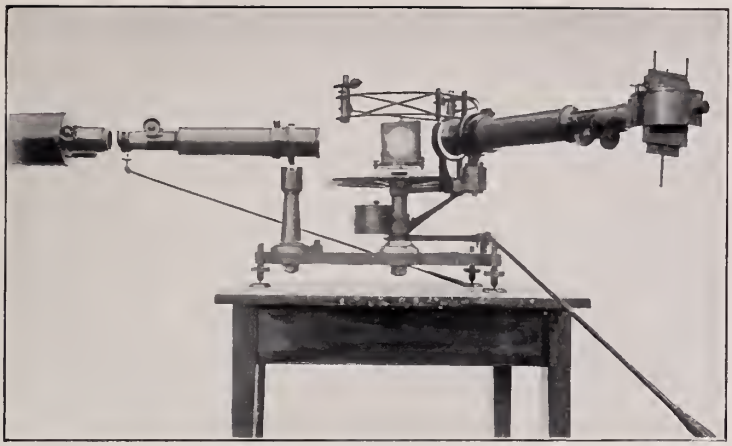


Fig. 11. — Spectroscope Hilger avec réseau Rowland, employés a l'Observatoire de Stonyhurst.

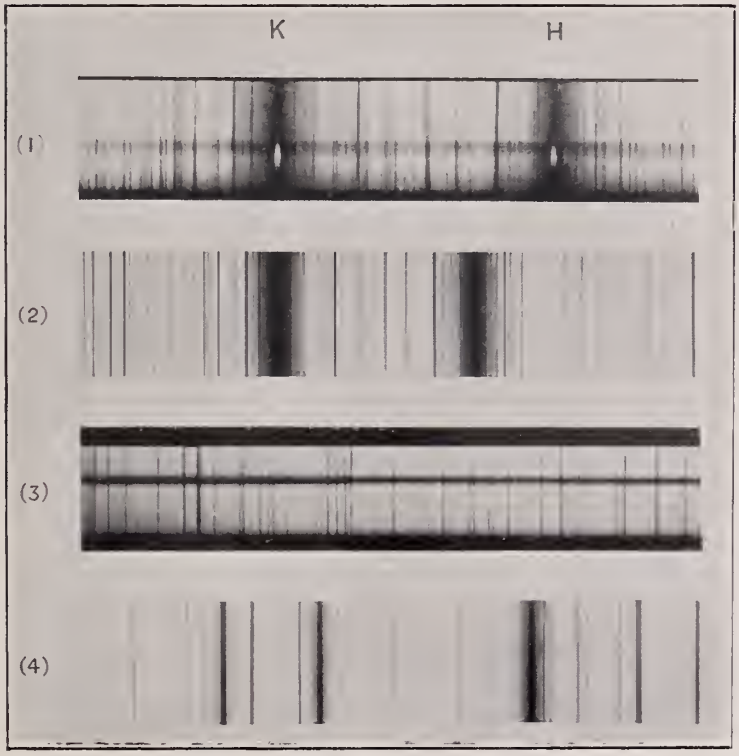


Fig. 12. — Portions du spectre solaire obtenues au moyen d'un réseau Rowland, a l'Observatoire de Stonyhurst.

catégories de phénomènes : maxima d'activité solaire, rendus apparents par le nombre et l'étendue des taches du disque, tremblements de terre, aurores boréales, éruptions de volcans, variations de la quantité de pluie. Si les liens de causalité de ces phénomènes n'étaient pas complètement élucidés — ils ne le sont pas encore — du moins les documents et les moyennes discutés par le Père Perry offraient de précieuses indications. Ces documents et ces moyennes mettaient d'ailleurs en évidence les variations magnétiques séculaires, annuelles et quotidiennes, si importantes pour la correction des calculs d'observations ; on les a bien souvent utilisés.

Une autre gloire de Stonyhurst, ce sont les voyages d'exploration magnétique faits par les Pères Perry et Sidgreaves. Bien que l'on connaisse depuis assez longtemps la direction générale des lignes isodynamiques, isogones et isoclines à la surface de la terre, leurs fréquentes anomalies exigent une étude longue et minutieuse, et nécessitent une série de déterminations en des stations aussi rapprochées que possible, permettant d'enserrer le globe dans un réseau à mailles étroites. Ce travail, qui se complète de jour en jour, n'en était qu'à ses débuts en 1868.

Durant l'été de cette année, profitant du temps que lui laissaient les vacances, le Père Perry, en compagnie du Père Sidgreaves, vint explorer l'ouest de la France. Les stations furent Paris, Laval, Brest, Vannes, Angers, Poitiers, Bordeaux, Abbadie, Loyola, Bayonne, Pau, Toulouse, Périgueux, Bourges, Amiens. Les résultats des observations, comparés à ceux obtenus par le Dr Lamont dix ans auparavant, permirent de donner une valeur de la variation séculaire. Une carte magnétique approximative put être dressée.

L'année suivante, les deux Pères exploraient l'est de la France en 21 stations : Paris, Reims, Metz, Strasbourg, Issenheim, Dôle, Mont-Roland, Dijon, Lyon, Avignon, Marseille, Monaco, Montpellier, Grenoble, N.-D. de

Myans (près Chambéry), Villefranche, St-Étienne, Clermont, Moulins, Douai, Boulogne.

En 1871, le Père Perry repartait pour la Belgique en compagnie du Frère W. Carlisle, assistant à l'Observatoire de Stonyhurst. Il fit des observations en 20 stations. Les résultats obtenus corrigèrent à peu près totalement les chiffres publiés auparavant par le Dr Lamont, et permirent de rétablir la direction vraie des lignes magnétiques dans ce pays.

Le Père Perry profita également de ses différentes missions scientifiques pour mesurer les valeurs magnétiques au Cap, à Bombay, Aden, Port-Saïd, Malte, Palerme, Rome, Naples, Florence, au Canada, etc... Il a publié sur le magnétisme, dans diverses revues ou feuilles savantes, des articles appréciés.

Les travaux d'astrophysique, exécutés à l'Observatoire de Stonyhurst, comprennent des recherches sur la photosphère et la chromosphère du Soleil et sur la spectroscopie stellaire.

Bien que la curiosité scientifique du Père Perry l'ait poussé à explorer un peu dans tous les sens les richesses du monde céleste, et que son esprit fécond ait su mettre au jour des travaux variés sur les comètes, les satellites de Jupiter, les passages de Vénus, différentes éclipses, sur de nouvelles étoiles de la constellation d'Andromède, c'est surtout à la physique solaire qu'il consacra ses soins et son temps. A lui et à ses assistants, il avait donné comme programme de suivre pas à pas le Soleil dans toutes les phases de sa vie mouvementée. Protubérances, taches, facules, leur forme, leur mouvement, devaient être étudiées en détail. Elles le furent dès 1880. On ne s'adressa pourtant pas à la photographie pour les représenter, mais bien au dessin. Cela n'alla pas au début sans quelques difficultés : on arrivait bien à tracer une esquisse du bord des parties les plus brillantes, mais quand il s'agissait des détails, à l'intérieur des taches, c'était autre

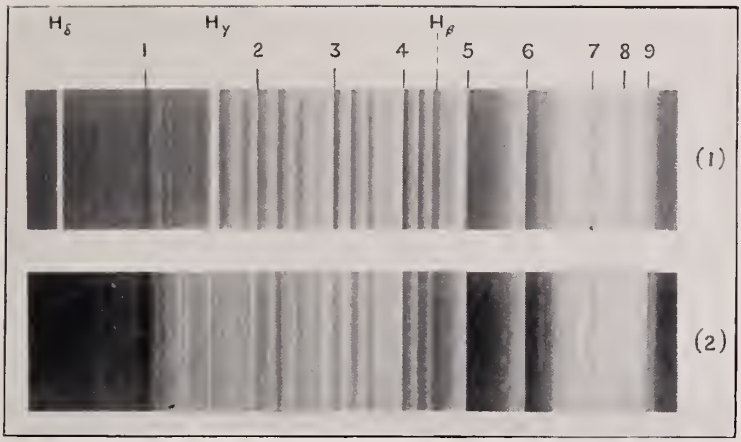


Fig. 13. — Spectres de o de la Baleine et de α d'Hercule, photographiés a l'Observatoire de Stonyhurst.

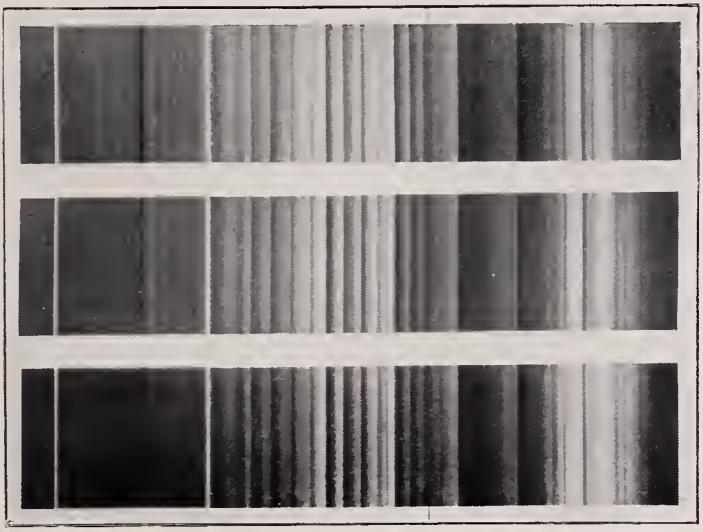


Fig. 14. — Spectres de o de la Baleine obtenus les 29 novembre, 11 et 19 décembre 1897 a l'Observatoire de Stonyhurst et montrant l'inversion des radiations bleues et jaunes.

chose. Pourtant, au bout de quelque temps, l'expérience apprit au dessinateur, le Frère W. M'Keon, le curieux effet produit par le mouvement sur une image floue : en projetant sur un papier blanc l'image à dessiner et en remuant légèrement le papier, l'image acquiert plus de netteté, les détails se tranchent ; la ligne de partage des facules et de la photosphère devenait de cette façon très visible et pouvait être exactement représentée. Cette méthode, depuis lors, n'a pas cessé d'être employée à Stonyhurst. Grâce à elle, grâce aussi à un perfectionnement, suggéré en 1883 par Sir G. Stokes, et qui consiste à représenter les facules en rouge, couleur très parlante à l'œil, l'Observatoire fut, au bout de quelques années, en possession d'une précieuse collection. Ces dessins ont été utilisés, à diverses reprises, par le Père Perry et le Père Sidgreaves, pour des rapports et des communications aux sociétés savantes. L'année même de sa mort, le Père Perry songeait à mettre en parallèle, dans une même publication, l'ensemble de ses observations magnétiques et solaires, afin de faire ressortir leur étroite connexion. Le Père Sidgreaves fit ce travail dix ans plus tard ; appuyé sur les chiffres recueillis durant dix-sept années, il crut pouvoir conclure que le lien était certain entre les maxima de taches solaires et les grandes perturbations magnétiques, mais que ces deux ordres de phénomènes, sans s'influencer l'un l'autre, obéissaient dans leurs variations à une cause commune, à une même source d'énergie.

Sans négliger l'observation des taches solaires, comme on vient de le voir, le Père Sidgreaves, successeur du Père Perry, s'est plus spécialement dévoué à la spectroscopie (Pl. IV, fig. 12). Il a étudié les spectres de différentes parties de la surface solaire, des taches et des facules, et il en a obtenu des photographies remarquables. Mais ce sont surtout les spectres des étoiles qui lui ont permis de faire les communications les plus intéressantes (Pl. V, fig. 13 et 14 ; Pl. VI, fig. 15).

On sait l'utilité de ces études spectrales. A des billions de kilomètres de distance, elles révèlent bien des secrets de la vie des astres ; la nature et la position des lignes du spectre font connaître la nature des matières incandescentes de l'étoile ; l'éclat des raies indique une masse portée à une haute température ; puis les raies d'absorption deviennent de plus en plus nombreuses : la masse incandescente s'est vaporisée ; enfin de larges bandes apparaissent, mêlées à des raies d'absorption : la masse a passé à l'état gazeux et s'est dissociée. On connaît d'ailleurs, au moins de nom, ces étoiles nouvelles, la Nova Persei, la Nova Aurigæ, qui, dans ces dernières années, ont occupé si vivement les astronomes. En un point du ciel où nulle étoile ne brillait, tout à coup un point lumineux apparaît, rapidement il prend de l'éclat, puis lentement s'éteint et disparaît, pour toujours quelquefois, parfois pour reprendre, quelque temps après, un regain de vie et d'éclat. C'est quelque astre obscur et glacé, qui, subitement arrêté dans sa course, par un choc sans doute, ou échauffé par un passage trop rapproché d'un autre astre, ou par une course trop rapide à travers une région semée de matière cosmique, est rapidement porté à l'état incandescent et repasse par toute une série de convulsions.

Les deux « Nova » que nous venons de nommer ont été étudiées d'une façon très complète par le Père Sidgreaves (Pl. VII, fig. 16 et 17). Il a fait de plus une monographie spectrale de β de la Lyre, enrichie d'une collection de photographies d'un grand intérêt.

Pour ces observations, le Père Sidgreaves se sert tantôt du spectrographe Hilger à réseau Rowland, installé, avec un héliostat, dans une des salles du pavillon météorologique, tantôt concurremment du polyprisme de Hilger monté sur l'équatorial Perry, pour les régions bleue et jaune du spectre, et d'un prisme de 22°5 de Thorp, monté sur l'équatorial Cross de 10 centimètres, pour les régions violette et ultra-violette. Une méthode à lui consiste

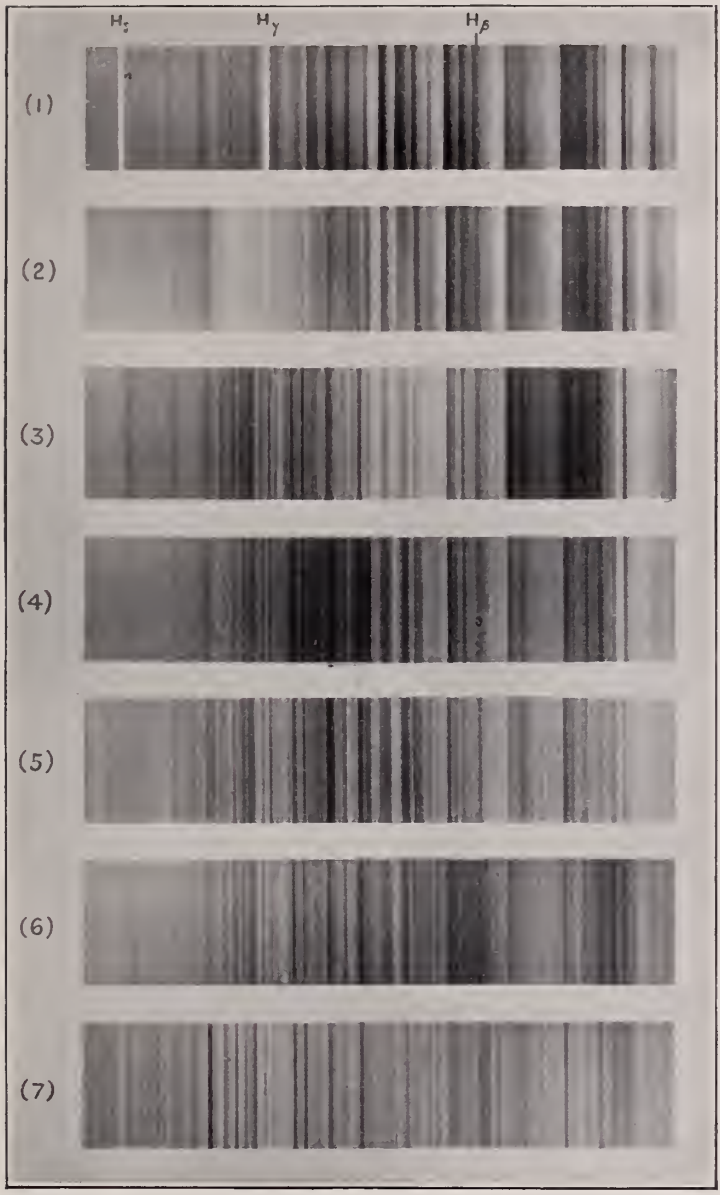


Fig. 15. — Types divers de spectres stellaires obtenus a l'Observatoire de Stonyhurst et formant transition entre le 3e et le 2e type de la classification de Secchi.

à ne pas employer de fente, mais à faire suivre à l'étoile une direction parallèle aux arêtes réfringentes du prisme : la pose est plus courte et les résultats excellents.

Conclusion. — Si l'Observatoire de Stonyhurst n'a point eu l'existence mouvementée de quelques-uns de ses frères, il a su du moins profiter de la paix pour s'élever en peu d'années à la hauteur des espérances qu'on en avait conçues : c'est aujourd'hui l'un des meilleurs centres scientifiques de la Compagnie de Jésus, et de l'Angleterre, pourrions-nous ajouter. Les travaux qu'on y exécute, au double point de vue magnétique et astrophysique, sont de ceux qui ne sont pas oubliés.

Si cette célébrité tient en grande partie à des hommes éminents comme les Pères Perry et Sidgreaves, honorés plusieurs fois de la confiance du gouvernement anglais, membres de la Société Royale astronomique de Londres et de plusieurs autres sociétés savantes, nous n'aurons garde d'oublier qu'elle est due aussi aux labeurs de chercheurs plus modestes, comme le Père A. L. Cortie, depuis près de quinze ans assistant à l'Observatoire, et auteur, lui aussi, d'intéressantes communications (1).

Pourtant, au Père Cortie, comme au Père Sidgreaves, au Père Perry et à plusieurs de leurs prédécesseurs, les loisirs furent parcimonieusement mesurés : tous durent cumuler leur charge de directeur ou d'assistant avec celle de professeur de physique au Collège, avec d'autres encore, non moins absorbantes.

Enfin, et ce n'est pas une des moindres gloires de l'Observatoire dont nous venons d'esquisser la vie, Stonyhurst a initié aux études scientifiques des hommes dont

(1) Le Père Cortie, à la tête d'une mission anglaise, observait l'éclipse de soleil du 30 août 1905, à Vinaroz, sur la côte est de l'Espagne. Six belles photographies de la couronne, donnant une image du soleil de 53 millimètres de diamètre, ont été obtenues à l'aide d'une lunette de 5 mètres de distance focale, munie d'une lentille de 10 centimètres, instrument appartenant à l'Académie royale d'Irlande.

La mission a, en outre, pris des photographies du spectre de la couronne.

les uns sont célèbres, comme le Père Secchi, et dont les autres, les Pères Algué, Dechevrens, Cirera, Müller, Gangoiti, de Beaurepaire, Goëtz, etc., etc., bien connus dans le monde scientifique, seront nommés dans ces pages.

OBSERVATOIRE DE BELEN (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — En 1854, les Pères de la Compagnie de Jésus fondaient à la Havane le Collège Royal de Belen. Quatre ans ne s'étaient pas encore écoulés que déjà ils songeaient à compléter leur œuvre par la création d'un observatoire.

On sait combien terribles sont les cyclones qui viennent périodiquement dévaster les Antilles et causer dans les mers si fréquentées de cette région de nombreux naufrages. Les prévoir à échéance aussi longue que possible, deviner leur direction probable, les signaler sur tout leur parcours, c'était là une tâche qui, pour être difficile, valait au moins qu'on tentât de la mener à bien; et si, sur la surface du globe, un observatoire valait la peine d'être établi, c'était sans nul doute à la Havane.

A cette époque, d'ailleurs, la science météorologique s'organisait de plus en plus, les méthodes se perfectionnaient ; elle était, dès lors, en mesure de rendre les services en vue desquels on l'avait créée.

Vers la fin de 1857, le Collège de Belen commença donc la construction d'un observatoire météorologique ; en

(1) Observatorio del Colegio de Belen, Habana, Cuba.

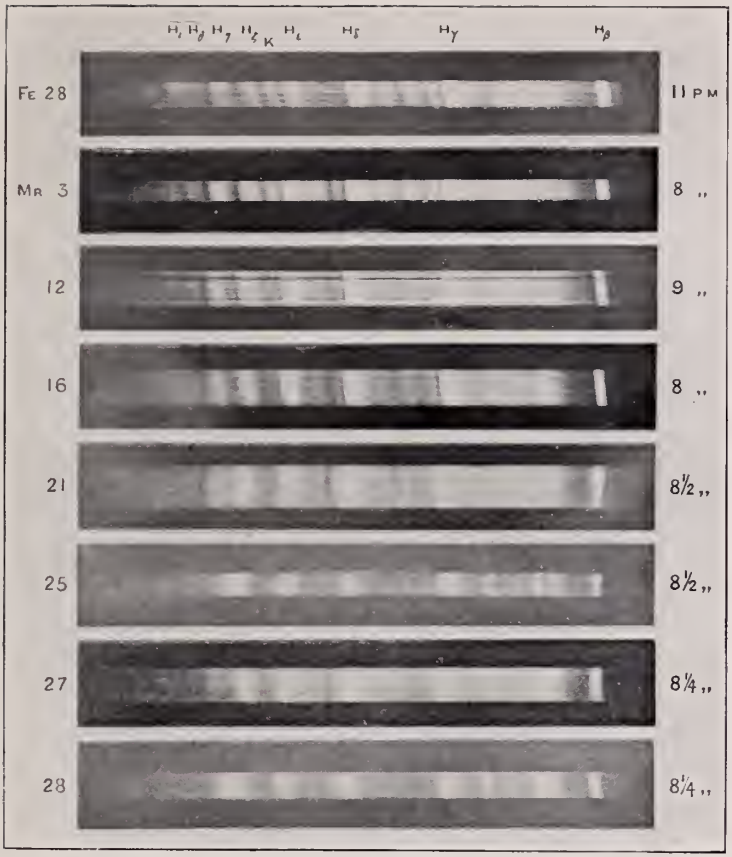


Fig. 16. — Spectres divers de la Nova Persei obtenus a l'Observatoire de Stonyhurst.

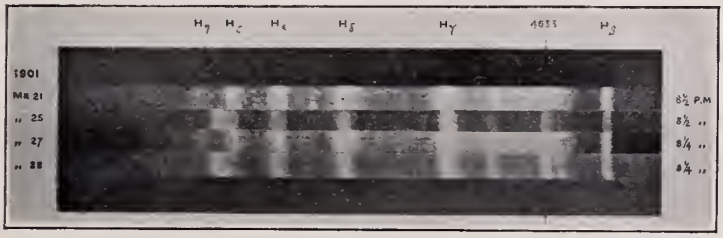


Fig. 17. — Alternatives de variations dans le spectre de la Nova Persei.

1858 il était achevé et, en mars de cette année, on y commençait des observations régulières. Le premier Directeur fut le Père Antoine Cabré (1829-1883), alors professeur de physique et de mathématiques.

Un des buts de la nouvelle création était évidemment de compléter l'enseignement scientifique donné aux élèves, en les familiarisant avec les instruments météorologiques ; la première publication de l'Observatoire, en 1859, se présente pourtant déjà comme une étude très complète et raisonnée des éléments climatologiques de la Havane, et, dès le début, s'amassèrent, grâce à des prodiges de travail, les données précieuses si bien utilisées dans la suite.

En 1860, le Père Cabré regagnait l'Espagne ; le Père François Butiña lui succéda, remplacé lui-même en 1862 par le Père Félix Ciampi. Durant cette année l'Observatoire s'enrichissait d'instruments magnétiques : déclinomètre, magnétomètre bifilaire et magnétomètre à balance, qui furent aussitôt mis en place.

En 1863, le Père Ciampi était rappelé en Italie. Durant un an, les Pères Butiña et Reynal pourvurent à ce que les observations ne fussent pas interrompues ; de 1864 à 1867, le Père Joseph Reynal prit la direction, remplacé de 1867 à 1868 par le Père François Pons, et en 1869 par le Père José-Maria Velez. Durant ces années l'Observatoire connut des jours critiques : accablés de besogne dans les nombreuses charges qu'ils remplissaient au Collège, alors très pauvre de personnel, ces Pères durent faire souvent des prodiges d'activité et de dévouement pour mener à bien ce surcroît de besogne, dépouiller et classer les observations, et les publier dans des résumés mensuels et des bulletins annuels que l'on réclamait à grands cris.

En 1870 enfin, le Père Benoît Viñes prenait la direction de l'Observatoire de Belen ; il la devait garder durant vingt-trois ans.

Né à Poboleda (Tarragone) le 19 septembre 1837, entré dans la Compagnie de Jésus en 1856, le Père Viñes

montra toujours des dispositions remarquables pour les sciences exactes; durant sept ans il enseigna la physique, la chimie et les mathématiques supérieures au Séminaire de Salamanque. Tout le reste de sa vie se passa à la Havane. Homme d'une application inouïe au travail et d'une énergie peu commune à poursuivre une idée, il a fait preuve d'une pénétration profonde en résolvant le problème si complexe de la formation et de la marche des cyclones des Antilles.

Dès son arrivée à Cuba, le Père Viñes se préoccupa de classer les données de ce problème ; les observations des douze années précédentes, soigneusement revues par lui et comparées entre elles, lui permirent de sérieuses études préliminaires. En même temps, il accrut la précision et l'exactitude des observations faites sous ses ordres, afin de déterminer les moindres particularités météorologiques. C'est dans ce but que, en 1873, il faisait l'acquisition d'un météorographe Secchi, cette merveille tant admirée à l'Exposition de 1867 à Paris, et qui avait valu à son inventeur les plus hautes récompenses.

Au bout de cinq années d'un labeur assidu, le Père Viñes possédait la plupart des éléments de la question des cyclones ; toujours poursuivi de la pensée de sauver des vies humaines et d'éviter à l'île de Cuba d'irréparables désastres, il s'était déjà avancé plusieurs fois à annoncer l'approche probable du fléau ; en 1875 et 1876, il pronostiquait enfin officiellement et faisait connaître aux intéressés, coup sur coup, l'arrivée et la trajectoire de trois cyclones. Ses avis furent écoutés ; le vapeur *Liberty*, qui crut pouvoir passer outre aux avertissements donnés, se perdit corps et biens.

En 1876, le Père Viñes envoyait à l'Exposition de Philadelphie la collection des publications de l'Observatoire de Belen ; elles furent récompensées d'un diplôme d'honneur.

En 1877, le Père entreprit, sous les auspices de l'Aca-

démie des Sciences de la Havane, deux voyages d'exploration scientifique à travers les îles de Cuba et de Porto-Rico. Il s'était donné pour mission d'étudier les cyclones sur le théâtre même de leur action, d'interroger les traces de leur passage et de recueillir, de la bouche de témoins autorisés, des détails nombreux et circonstanciés sur la naissance, la marche et les effets de ces météores. Cette mission, on le savait, avait un but d'utilité commune ; on savait également qu'elle était confiée à un homme capable de la mener à bonne fin ; aussi le Père Viñes fut-il accueilli partout avec la bienveillance la plus cordiale ; tous mirent à son service leurs ressources et leur influence. A son retour, il fit, devant ses collègues de l'Académie, l'histoire de ces deux voyages, avec l'exposé et la discussion des faits observés et des documents rassemblés. Le tout fut publié en un volume : *Apuntes relativos a los huracanes de las Antillas en setiembre y octubre de 1875 y 1876*, que nous aurons à analyser plus loin.

La même année, l'Observatoire de Belen était associé au service d'informations météorologiques internationales, décidé en 1873 au Congrès de Vienne, et qui, jusqu'en 1887, publia une remarquable collection de cartes météorologiques internationales, enlaçant dans un vaste réseau tout l'hémisphère boréal.

L'année suivante (1878), l'Observatoire recevait un diplôme et une médaille à l'Exposition de Paris.

En 1880, le Père Viñes, à l'occasion des tremblements de terre qui s'étaient fait sentir dans la partie ouest de Cuba les 22 et 23 janvier, faisait dans cette région, en compagnie d'un ingénieur-inspecteur des mines, un voyage d'exploration géologique et volcanique, qui lui fournit l'occasion d'un intéressant mémoire.

En 1882, désireux de se mettre au courant des derniers progrès de la science et d'étudier sur place les perfectionnements apportés aux instruments et aux observations, le Père Viñes partait pour l'Europe. Il visita successivement

les observatoires les mieux installés d'Espagne, de France, de Belgique, d'Angleterre. A Stonyhurst, il profita avec plaisir des conseils et de l'expérience du célèbre Père Perry et, grâce à lui, put acquérir et faire déterminer les constantes de plusieurs instruments précieux. La sphère d'action de l'Observatoire de Belen s'étendait tous les jours ; il fallait s'efforcer de le mettre à la hauteur de sa tâche.

Cette année même, le passage de Vénus sur le Soleil préoccupait l'attention des savants ; pour l'observer on monta au Collège de Belen un magnifique équatorial de Kooke. Une Commission polaire internationale organisait au pôle nord une série d'expéditions destinées à étudier la géographie et la physique de cette intéressante partie du globe ; simultanément des observations météorologiques et magnétiques devaient se faire à toutes les latitudes en des lieux spécialement choisis. L'Observatoire de Belen fut invité officiellement à prêter son concours et à faire ces observations.

En 1888, les travaux importants publiés jusqu'alors par ses directeurs étaient récompensés d'une médaille d'or à l'Exposition Universelle de Barcelone.

Mais ces voyages, ces récompenses ne faisaient point oublier au Père Viñes le but principal qu'il s'était proposé dès le début : l'organisation d'un service complet d'informations sur les cyclones. Les succès obtenus par semblables services dans les Observatoires de Manille et de Zi-ka-Wei stimulaient son zèle. Les mémoires divers, les appendices aux Bulletins de l'Observatoire publiés par lui, montraient sa profonde connaissance des lois du phénomène ; autre chose était de prédire d'avance sa marche et son parcours. Il lui fallait pour cela être aidé par d'autres observateurs, être renseigné sur l'existence des moindres signes avant-coureurs de la tempête.

Les vaisseaux de la marine de guerre espagnole, répartis un peu sur tous les points de Cuba et de Porto-Rico,

furent les premiers à offrir leur coopération, intéressés qu'ils étaient à la chose; des observateurs de bonne volonté, placés dans la partie orientale de l'île ou dans les Petites Antilles, prêtèrent leur concours; ces observations, transmises au Père Viñes par la Commandance de la marine et la Direction du port, lui permettaient de tirer immédiatement des conclusions, aussitôt communiquées au public, aux compagnies de navigation. Dès 1875 et 1876, le service fonctionnait, au moins sommairement.

Le côté le plus embarrassant de la question, on s'en aperçut vite, était le côté financier. Fort heureusement, les diverses compagnies de câbles et de télégraphes autorisèrent la transmission des dépêches météorologiques, soit complètement gratis, soit du moins avec de fortes réductions. Jusqu'en 1886 pourtant, ce service d'informations souffrit d'assez nombreuses irrégularités. A cette époque, l'utilité incontestable d'un service régulier finissant par s'imposer, on songea à une organisation permanente et complète.

Sur l'initiative du Père Viñes, la *Junta General de Comercio* de la Havane et différentes autres administrations s'entendirent pour supporter les frais d'un service régulier de télégrammes, centralisant à la Havane les nouvelles météorologiques. Le précieux concours de M. Ramsden, consul d'Angleterre à Santiago de Cuba, permit bientôt d'étendre ce service et de recevoir des dépêches régulières des Antilles anglaises. Les Compagnies de câbles tinrent à coopérer à cette œuvre d'intérêt général ; si bien qu'en 1887, sept stations d'informations fonctionnaient régulièrement aux points suivants : la Trinité, la Barbade, la Martinique, Antigua, Mayagüez (Porto-Rico), la Jamaïque, Santiago de Cuba. D'autres également envoyaient de temps en temps des observations : St-Thomas, St-Christophe, la Guadeloupe, la Dominique, Ste-Lucie, Grenade. De Cienfuegos, le Père L. Gangoiti, futur successeur du Père Viñes, et alors pro-

fesseur au Collège de N.-D. de Montserrat, télégraphiait également de précieuses informations. A ces stations auxquelles d'autres se joignirent dans la suite, il faut ajouter les stations flottantes formées par les navires de guerre et qui, par ordre supérieur, envoyaient périodiquement leurs observations à la Havane.

Muni de tous ces documents, le Père Viñes put, durant de longues années et à maintes reprises, signaler l'approche et tracer la marche des cyclones. Nul ne pourrait dire le nombre de vies humaines et la somme de richesses qui, grâce à lui, ont échappé au fléau.

Le Père eût désiré pourtant quelque chose de plus stable qu'une organisation reposant, en somme, sur des bonnes volontés privées et des intérêts un peu personnels. En 1890, il put espérer un moment voir ses espérances réalisées. A cette époque en effet, le gouvernement espagnol ayant décidé d'établir à la Havane un observatoire météorologique, l'Académie des Sciences de cette ville, consultée par le gouverneur général de Cuba, déclara à l'unanimité que la Havane devait être dotée d'un observatoire central de première classe, et que, si cela ne se pouvait faire, il était à désirer que l'Observatoire du Collège de Belen devînt le centre d'un service régulier d'informations, recueillies et transmises par des stations officielles, distribuées à Cuba même, St-Dominique, Puerto-Rico et dans les Petites Antilles. Malheureusement, ni l'un ni l'autre de ces souhaits ne fut exaucé : on créa, sous la dépendance de la Commandance de la marine à la Havane, un petit observatoire, qui, loin d'améliorer la situation, la compliqua encore davantage. D'une part, ses directeurs étaient loin, malgré leur bonne volonté, d'avoir la compétence que donnait au Père Viñes sa vieille expérience de vingt ans ; d'autre part, les informations qu'il transmit ou reçut furent loin d'être régulières et firent souvent défaut au moment opportun. — Le *Signal Service* des États-Unis qui recevait les câblogrammes

de cet observatoire, et auquel le Père Viñes continuait à envoyer ses prévisions, fut plus d'une fois dans une cruelle perplexité, en présence d'informations contradictoires émanées de ces deux sources, et ne put s'empêcher de donner raison à son officieux mais savant correspondant. Et le public et les journaux, faisant semblables constatations, continuaient à consulter le Père et à célébrer l'exactitude de ses prédictions.

Malgré tout, le coup fut sensible au Père Viñes. Était-ce donc ainsi qu'on le payait des inappréciables services rendus pendant vingt ans, et des labeurs inouïs auxquels il s'était livré ? Alors que le gouvernement anglais témoignait la plus grande faveur à l'Observatoire des Jésuites de Stonyhurst, alors que les États-Unis confiaient à ces mêmes Jésuites le service météorologique des Philippines, alors que, grâce à la faveur de différents gouvernements, les Jésuites pouvaient, à Zi-ka-Wei, organiser un service d'informations modèle, le seul Observatoire du Collège de Belen, non seulement ne recevait aucune subvention, mais avait encore à payer au gouvernement espagnol des droits de douane de 33 % pour des instruments déjà très chers et au moyen desquels il avait pu faire, durant de longues années, des annonces absolument gratuites !

Il ne restait plus au Père Viñes que quelques années à vivre. Comme s'il eût en le pressentiment de sa fin prochaine, il se multiplia pour consigner dans ses derniers écrits les résultats de ses observations et de ses études sur les cyclones. Son infatigable plume ne s'arrêta plus, et l'année même de sa mort, en 1893, sollicité par la commission de l'Exposition de Chicago d'envoyer quelque nouveau travail, il composa ses *Investigaciones relativas á la Circulación y Traslación Ciclónica*, en quelque sorte son testament scientifique, œuvre d'une précision et d'une étendue de vues étonnantes.

Le 23 juillet 1893, le Père Benoît Viñes allait dans un

monde meilleur, jouir d'un repos bien mérité, loin des mesquineries d'ici-bas.

De 1873 à 1874, il avait été aidé dans sa lourde tâche par le Père Thomas Ipiña, de 75 à 77 par le Père Boniface F. Valladares, de 78 à 80 par le Père Maurice Cid, en 81 et 82 par le Père Pierre Oroso, en 83 et 84 de nouveau par le Père Valladares. A partir de 1885, M. Joseph Alberti lui servit d'assistant.

La succession du Père Viñes était lourde ; tous le sentaient, et on se demandait, non sans inquiétude, qui oserait assumer la responsabilité de prédire les cyclones des Antilles, avec la sûreté et la maîtrise qui avaient caractérisé ses informations. La tâche échut au Père Laurent Gangoiti, dès longtemps en relation avec le Père Viñes, et au courant du fonctionnement d'un observatoire. Le 29 août 1893, il prenait la direction de celui de Belen.

Le public, malin autant qu'intéressé, l'attendait à l'œuvre : le cyclone de septembre 1894 fut annoncé et décrit par le nouveau directeur avec une exactitude qui rassura pleinement les craintifs et provoqua, dans toute la presse, une explosion de joie. On reporta aussitôt sur lui la confiance que l'on avait eue en son prédécesseur.

L'un des premiers soucis du Père Gangoiti fut de mettre en ordre et de publier les observations des trois dernières années, ce que le Père Viñes n'avait pu faire, surchargé comme il l'était d'occupations. Puis, de concert avec le Père Recteur du Collège, le R. P. José-Maria Palacio, il s'occupa de mettre le local même de l'Observatoire plus en rapport avec les accroissements successifs qu'avaient pris ses services, et la haute qualité des personnages qui y faisaient de fréquentes visites, car, jusqu'alors, la pauvreté de l'installation avait étrangement contrasté avec la célébrité de l'institution et l'idée grandiose qu'on s'en faisait, d'après ses succès. On éleva donc, sur l'une des parties de la façade du collège, une gracieuse construction destinée à abriter les instruments ;

de plus, une subvention annuelle fixe fut attribuée à l'observatoire rajeuni.

Durant plusieurs années, sous la direction du Père Gangoiti, l'Observatoire de Belen, tout en restant un observatoire strictement privé, continua de son mieux à remplir le rôle à la fois scientifique et humanitaire qu'il s'était fixé, subvenant seul à ses dépenses. Plusieurs fois le Père Viñes avait eu à lutter pour lui garder ce caractère privé qui faisait une partie de son mérite ; il avait refusé la subvention que lui offraient les États-Unis s'il voulait se laisser incorporer au *Signal Service ;* il avait refusé de le laisser transformer par le gouvernement espagnol en observatoire de l'État. En 1895, les dépenses grandissant toujours, il fallut pourtant prendre un parti. D'aucuns, et non sans raison, s'étonnaient que l'Espagne ne voulût point aider pécuniairement une œuvre qui, depuis plus de quarante années, avait rendu de si éminents services. Le Père Gangoiti se décida à rappeler ces services dans une supplique au ministre des Colonies et à demander un crédit d'une centaine de mille francs. La supplique fut appuyée par les premières autorités cubaines, et en mai 1896, le marquis de Palmerola annonçait que la subvention était accordée, à prendre sur l'exercice 1896-97.

Sur ces entrefaites, la guerre séparatiste éclatait à Cuba, suivie bientôt de la guerre hispano-américaine, et la grande île changeait de maître. Les États-Unis installèrent, à la Havane et dans les Antilles, des stations relevant du *Weather Bureau.* Ils voulurent un instant imposer à l'Observatoire même de Belen, gardant directeur et assistants, de devenir une station officielle ; c'eût été enlever à l'œuvre toute sa valeur et tout son mérite.

Obéissant à certaines inspirations venues de Washington, les autorités américaines enlevèrent aux Pères de l'Observatoire le libre usage des lignes télégraphiques, pour les

réserver au seul *Weather Bureau ;* l'ordre, il est vrai, ne tarda pas à être révoqué.

Pas un instant, au milieu de toutes ces complications, ne s'éclipsa la faveur dont était entouré l'Observatoire de Belen. Répondant à d'universelles sollicitations, il continue à rendre les mêmes services que par le passé, à côté du *Weather Bureau* et presque comme si ce dernier n'existait point, mais consulté pourtant par lui, à différentes reprises, et vivant avec lui en bonne intelligence. L'Observatoire n'a, du reste, d'autres moyens d'existence que ceux dont il a toujours vécu : les subsides octroyés par le collège et la bienveillance de ceux qui utilisent ses avertissements et ses travaux.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire du collège de Belen est situé sur une partie des bâtiments du collège dont il forme un second étage ; il comprend dix fenêtres de façade. Au centre, une grande bibliothèque de $11^{m},38$ sur $7^{m},65$ renferme différentes publications provenant des observatoires nombreux avec lesquels celui de Belen est en relation ; au sud et au nord, des appartements pour le directeur, le sous-directeur et les assistants. A l'extrémité nord, dans une salle spéciale, sont installés sur de solides colonnes les instruments magnétiques fixes. Dans l'un des angles de la terrasse qui surmonte l'étage de l'Observatoire, une tour carrée, fort élégante, contient la salle des instruments météorologiques ; à la hauteur de plus de vingt mètres où ils sont installés, ils sont parfaitement dégagés et placés en bonne situation. La terrasse de la tour elle même supporte les anémomètres. Un abri ordinaire renferme thermomètres et

psychromètres ; un solide pilier de marbre, fixé sur l'un des gros murs du collège, sert aux mesures magnétiques absolues.

Au point de vue astronomique, l'Observatoire possède une lunette équatoriale de Kooke de dix centimètres d'ouverture, munie d'un appareil de projection pour l'observation des taches solaires, d'un spectroscope de Hilger et d'un autre de Browning. Ce bel instrument a servi à observer l'éclipse de soleil du 28 mai 1900 ; mais, faute de ressources, on n'a pu encore l'installer dans un local approprié. On espère pouvoir un jour lui construire une coupole à l'extrémité septentrionale de la terrasse de l'Observatoire. Signalons également un théodolite de Troughton permettant d'apprécier les 30″, un théodolite de mines, modèle Combes, un théodolite répétiteur construit par Abraham, de Liverpool, un sextant de Jones donnant les 10″ avec deux horizons artificiels, un beau pendule compensateur à mercure avec contacts électriques, construit par Howard et Cie, de Boston, et pouvant servir de chronographe, enfin un chronomètre d'Isaac.

La section magnétique comprend un magnétomètre de Grubb, de Dublin, composé d'un déclinomètre, d'un magnétomètre bifilaire et d'un magnétomètre à balance avec théodolite pour les lectures. Un magnétomètre unifilaire d'Elliot, un inclinomètre de Casella servent aux mesures magnétiques en voyage ; leurs constantes ont été déterminées à l'Observatoire de Kew.

La section météorologique est très complètement équipée : 4 baromètres à mercure de divers types, thermomètres et psychromètres, deux pluviomètres, hygromètres, évaporomètre de Piche, deux anémomètres Robinson, girouette perfectionnée, système Friez, de Baltimore, sept néphoscopes divers, enfin un cyclonoscope et un cyclonephoscope de l'invention du Père Viñes et que nous décrirons tout à l'heure.

Parmi les instruments enregistreurs, citons d'abord le météorographe du Père Secchi ; il marche depuis plus de trente ans sans la moindre irrégularité. Puis viennent un barographe Richard, un psychrographe Casella, et le *Universal Sunshine Recorder* de Lecky, instrument dont l'ingéniosité est connue.

Une chose à noter, c'est que l'Observatoire possède un atelier lithographique et imprime lui-même tous les papiers quadrillés de ses enregistreurs.

Inventions et travaux. — Comme on a pu le voir par les lignes qui précèdent, c'est surtout à l'étude des terribles cyclones des mers des Antilles qu'on s'est appliqué à l'Observatoire de Belen. Grâce aux documents amassés par lui et ses prédécesseurs, grâce à vingt ans d'un travail continu, le Père Viñes a pu, le premier, pénétrer le terrible phénomène, le comprendre dans ses détails, et formuler les lois de sa formation et de sa marche. C'est justice de nous arrêter quelque peu à exposer ses découvertes. Elles sont contenues dans plusieurs des notices ajoutées par lui aux Bulletins de l'observatoire, mais surtout dans les deux ouvrages que nous avons déjà signalés : *Apuntes...* et *Investigaciones....*

Il est impossible de rapporter ici tous les détails et toutes les particularités signalées par le Père Viñes : détermination de l'aire de pression minima où sévit le cyclone et des aires de pression maxima où règnent les anticyclones ; diamètre de la tourmente proprement dite et diamètre de l'espace central où règne un calme relatif ; vitesse giratoire du tourbillon et sa vitesse de translation, prise à différentes distances de l'axe vertical et en divers points de la trajectoire ; effets de balancement du cyclone autour de son axe, etc. Mais arrêtons-nous aux pages où le Père Viñes attire l'attention sur la convergence des vents tourbillonnants et sur la véritable forme du cyclone. Cette question est capitale, puisqu'elle permet de com-

prendre l'organisation intime des tempêtes et que sa solution est discutée en sens opposé par différents savants.

Tout d'abord le Père s'élève contre la théorie de Faye d'après laquelle tous les mouvements tourbillonnants à axe vertical, tempêtes, ouragans, bourrasques, cyclones, seraient des girations descendantes se formant dans les courants supérieurs de l'atmosphère aux dépens des inégalités de vitesse de ces courants, et empruntant à la force vive de ces mêmes courants l'action mécanique qu'ils exercent sur les mers et les continents. Dans l'idée de Faye, les cyclones seraient, en dernière analyse, des appareils de transmission de la force dans le sens vertical, avec concentration très énergique au bas, tendance centrifuge à la surface du sol, et mouvement ascendant dans la partie extérieure du tourbillon.

Or, de l'avis du Père Viñes, cette théorie, que son auteur prétend appuyer sur la réalité des faits et les lois de Redfield, n'est qu'une théorie *à priori*, que les faits eux-mêmes se chargent tous les jours de réfuter et de contredire. Et, à de nombreux témoignages, le Père ajoute celui de sa propre expérience; là où la théorie de Faye exige nécessairement des courants descendants, une dépression, une tendance centrifuge, l'observation a presque toujours montré, d'une façon très nette, des courants ascendants, une aspiration, une tendance centripète.

D'après le Père Viñes, une loi générale unique peut rendre compte de la circulation cyclonique dans les Antilles ; cette loi se formule ainsi : *La circulation cyclonique se fait de telle sorte que les courants inférieurs de l'atmosphère convergent vers le centre, les courants d'altitude moyenne tournent circulairement autour de ce centre, tandis que les courants supérieurs sont divergents.* Cette loi ne souffre pas d'exceptions.

Le meilleur moyen de la vérifier est d'observer la marche des nuages ; selon leur nature, en effet, les nuages sont situés à différentes hauteurs et soumis à l'influence des

courants atmosphériques qui les entraînent dans leur circulation.

La loi générale peut donc se décomposer comme suit :

1° Les légers cirrus qui flottent aux plus hautes altitudes s'éloignent dans une direction radiale du centre du cyclone. Pratiquement, leur direction forme un angle à peu près nul avec la ligne qui joint ce centre au point où est situé l'observateur.

2° Les cumulus et nimbus très bas se dirigent dans une direction à peu près perpendiculaire à celle du centre du cyclone.

3° Les cirro-stratus, cirro-cumulus et alto-cumulus se dirigent dans des directions faisant avec celle du cyclone des angles variant entre 90° et 0°, angles d'autant plus faibles que ces nuages occupent des couches plus élevées.

4° Le vent converge vers le centre du cyclone. Il souffle d'une direction située en dehors de l'angle droit formé par les directions perpendiculaires suivies par les cirrus et les cumulus, et de la gauche d'un observateur regardant le centre du cyclone.

Ces divers phénomènes ont été depuis bien souvent constatés, ainsi que l'existence des *cirro-stratus plumiformes*, précurseurs de cyclones, remarqués pour la première fois et nommés ainsi par le Père Viñes.

Les conclusions générales dégagées par le Père sont plus connues aujourd'hui qu'elles ne l'étaient au moment où il les formulait ; elles valent pourtant la peine d'être citées, comme un témoignage de l'étendue de ses vues et de ses efforts pour synthétiser tant d'obscurs phénomènes.

Il existe dans l'atmosphère, à un moment donné, des points de pression minima et des points de pression maxima. Tout minimum peut être considéré comme un centre d'aspiration, et tout maximum comme un centre d'expiration ou d'expulsion. L'air des couches inférieures de l'atmosphère se meut horizontalement à la surface du sol ; il converge, en suivant des trajectoires spiraloïdes, vers

les centres de pression minima, et ce mouvement giratoire s'exécute toujours dans le sens des aiguilles d'une montre, dans l'hémisphère austral, en sens inverse dans l'hémisphère boréal. Le contraire a lieu autour des centres de pression maxima. Du premier de ces deux mouvements naissent les cyclones à courants centripètes et ascendants ; le second produit les anticyclones, à courants centrifuges et descendants. La force principale qui provoque et entretient les tempêtes se trouve emmagasinée dans la vapeur d'eau enlevée à la surface des mers par la chaleur solaire. C'est cette énergie potentielle, rendue actuelle par la condensation de cette vapeur, qui trouble l'équilibre atmosphérique et donne lieu à tous les phénomènes qui sont les conséquences de pressions inégales à la surface du globe. Il suit de là que toute cause qui tend à augmenter ou à diminuer la précipitation de vapeur d'eau, tend, par le fait même, à accroître ou à affaiblir la violence des mouvements giratoires de l'air.

Passant de la théorie à la pratique, le Père Viñes avait réalisé deux instruments, le cyclonoscope et le cyclonéphoscope permettant de déceler à distance la présence et la marche des cyclones.

Le cyclonoscope se compose d'un cercle horizontal sur lequel est tracée la rose des vents ; un second cercle plus petit et concentrique est mobile sur le premier ; il porte les directions relatives des vents et des différentes variétés de nuages par rapport au cyclone et à l'observateur. Il suffit de placer l'instrument horizontalement, d'orienter le grand cercle, de faire coïncider les indications du petit avec les phénomènes atmosphériques observés, et l'on a immédiatement la position et le sens de la marche du cyclone.

Le cyclonéphoscope, plus perfectionné, porte au centre un néphoscope de réflexion, et une boussole sert à l'orienter exactement.

Ce court exposé des travaux du Père Viñes expliquera

sans doute suffisamment et la sûreté de ses prédictions sur les cyclones — sûreté déconcertante et proverbiale — et les mentions élogieuses qu'ont faites de lui de savants météorologistes, comme Ferrel dans son *Popular Treatise on the Winds*, et l'idée plusieurs fois reprise de donner aux cyclones des Antilles le nom de *Viñesa*, pour les opposer aux typhons des mers de Chine.

Hâtons-nous d'ajouter que le Père Gangoiti, successeur du Père Viñes, a su émerger du brillant sillage qu'il lui faut suivre ; ses informations toujours précises, ses pronostics jamais trompés, lui ont valu, en maintes occasions, les éloges les plus flatteurs. Le Diario de la marina du 18 septembre 1900, ne disait-il pas, par exemple, que, en cas de divergence de pronostics entre le *Weather Bureau* et le Père Gangoiti, c'était toujours l'avis du second que l'on suivait ? La Union Espanola du 24 septembre 1903 énonçait la même idée.

Sous la direction du Père, les travaux de l'Observatoire se poursuivent avec la plus grande régularité : dix observations quotidiennes auxquelles il faut ajouter les deux observations internationales de 7 h. 30 du matin et de 7 h. 30 du soir. La collection des Bulletins est complète, de 1858 à 1903 (une lacune de 4 ans, de 1881 à 1884, sera bientôt comblée), et cette collection est très appréciée. Les Bulletins de l'Observatoire de Belen sont échangés avec ceux de 156 observatoires.

Les annonces émanées du directeur sont envoyées à la plupart des journaux de Cuba, à seule charge à eux de ne pas attaquer la religion et le personnel de l'Observatoire. Plusieurs feuilles, pour pouvoir insérer ces annonces, ont renoncé à leurs violentes déclamations antireligieuses.

Depuis 1901, le Père Gangoiti est aidé par un sous-directeur — les Pères Simon Sarasola et Mariano Gutierrez-Lanza ont successivement occupé ce poste — et par trois assistants civils.

Des services particuliers sont souvent demandés à l'Ob-

servatoire ; ainsi les commandants de paquebots y font régler leurs chronomètres de bord ; en 1903, le *Coast and Geodetic Survey* priait le P. Gangoiti de faire à la Havane et dans les environs des mesures magnétiques absolues ; une autre année (1898), les officiers du vaisseau autrichien *Donau* venaient faire à l'Observatoire des mesures sur l'intensité de la pesanteur.

En terminant, exprimons un souhait : c'est que des ressources plus considérables permettent à l'Observatoire de Belen de remplir de mieux en mieux la noble tâche qu'il s'est donnée de contribuer à l'avancement de la science et au bien de l'humanité.

OBSERVATOIRE DE MANILLE (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — C'est en 1865 que fut fondé l'Observatoire de Manille, au collège de l'Athénée, dirigé par les Pères de la Compagnie de Jésus. On sait combien fréquents et capricieux sont les cyclones qui dévastent les îles Philippines. Depuis plusieurs années les professeurs du collège s'intéressaient à ces singuliers météores et s'efforçaient d'en recueillir les pronostics. Le formidable typhon de septembre 1865, en leur montrant l'utilité de leurs travaux, les décida à poursuivre leurs observations d'une manière plus scientifique. Les instruments les plus indispensables furent installés, et dès lors un petit bulletin mensuel, illustré de courbes diverses, puis un bulletin

(1) Manila Central Observatory, Philippine.

annuel, enregistrèrent les observations et résumèrent les principales perturbations atmosphériques.

Sous l'impulsion de son ardent directeur, le Père Frédéric Faura, le nouveau centre scientifique se développa rapidement. En 1868, on fit l'acquisition du météorographe du Père Secchi ; plusieurs instruments furent offerts par de généreux donateurs. En 1870, la feuille mensuelle publiée par l'Observatoire se transformait en un véritable Bulletin, contenant, avec des articles de fond, des observations météorologiques complètes, faites toutes les trois heures, et leurs moyennes.

Les documents allèrent ainsi s'accumulant pendant quatorze ans. En 1879 enfin, le Père Faura crut arrivé le moment de les utiliser. Après une longue et minutieuse étude des mouvements du baromètre à ces latitudes, de l'aspect des nuages et des changements de direction du vent à l'approche des cyclones, il se jugea suffisamment outillé pour annoncer à coup sûr ces terribles phénomènes. A lui revient l'honneur d'avoir, le premier, prédit la formation, les mouvements et la trajectoire probable des typhons des mers de Chine, rendant ainsi aux habitants des îles Philippines et aux compagnies de navigation d'inappréciables services.

Le premier typhon annoncé par le Père Faura fut celui du 7 juillet 1879, le second, celui du 20 novembre de la même année. L'exactitude avec laquelle se réalisèrent les prévisions du Père donna dès lors à réfléchir aux autorités locales. L'Observatoire de l'Athénée prenait rang ; ses avis et annonces furent reçus avec considération. En 1878, le directeur général des télégraphes donnait toute autorisation pour que, des diverses îles, les renseignements pussent être centralisés à Manille. Aidé ainsi dans sa tâche, et fort de ses études préliminaires, le Père Faura, de 1879 à 1882 seulement, put annoncer cinquante-trois typhons ; trois fois seulement il se trompa

légèrement sur leur direction probable. Ces chiffres sont assez éloquents.

Bientôt même l'Observatoire de Manille eut l'occasion d'étendre encore son rayon d'action. En 1880, un câble fut immergé entre Hong-Kong et Manille. Désireux de faire profiter les côtes de Chine des annonces de typhons, dont l'Archipel des Philippines se félicitait, M. J. Hennesy, gouverneur de Hong-Kong, écrivait à D. Fernando Primo de Rivera, gouverneur de l'Archipel, pour obtenir par son influence, du directeur de l'Observatoire, qu'un échange quotidien et régulier de renseignements météorologiques eût lieu entre les ports de la côte de Chine et ceux des Philippines. Le P. Faura répondit que ce projet avait été dès longtemps caressé par lui, et que, ses observations lui ayant montré l'arrivée des cyclones sur les côtes chinoises deux jours au moins après leur passage sur les Philippines, l'échange de dépêches projeté avait une utilité incontestable.

Il ne se trompait pas : le 18 août 1883, le Daily Press de Hong-Kong constatait que, dans le courant de cette année, les prévisions de l'Observatoire de Manille s'étaient réalisées de point en point, et il insistait sur les avantages de ces communiqués météorologiques. D'après les conseils du Père Faura, Hong-Kong songea bientôt aussi à avoir son observatoire : habitants des côtes et navigateurs des mers voisines en retirèrent de grands avantages.

Mais on pouvait faire mieux encore. En 1876, le Père Faura était parti pour l'Europe ; nous le trouvons à Rome, auprès du Père Secchi, en 1877 ; il visite l'Exposition de 1878 à Paris, et va conférer à Stonyhurst avec le Père Perry. Or, de congrès en congrès, depuis le premier Congrès de météorologie de Bruxelles en 1853, cette science avait rapidement progressé. Pour l'améliorer encore, on s'accordait surtout sur ce point que, par le moyen des lignes télégraphiques, le globe entier devait être enserré dans un réseau d'observations faites simultanément, d'après

une méthode uniforme, et centralisées ensuite dans quelques stations principales. Pareille institution pouvait seule permettre de formuler des lois générales et d'en prévoir l'application.

Tout pénétré de ces idées, le Père Faura revint à Manille, avec le désir bien arrêté de faire tout son possible pour doter les Philippines d'un réseau météorologique complet. Des listes de souscription furent lancées, remplies par des particuliers, des compagnies de navigation et d'assurance ; des mémoires furent rédigés et envoyés à Madrid. La Compagnie de Jésus offrait de bâtir à ses soins et frais un observatoire central et d'en prendre la direction.

Le 28 avril 1884, un décret royal approuvait la création d'un observatoire central et de six stations reliées télégraphiquement à l'observatoire ; des sommes importantes étaient mises à la disposition des directeurs ; toutes les stations navales des îles étaient priées de recueillir les renseignements intéressants et de les faire parvenir à Manille. Une ère nouvelle commençait.

Organisation. — Encouragé par ces heureux résultats, le Père Faura se mit, avec son habituel enthousiasme, à compléter l'œuvre commencée. Ses efforts portèrent naturellement sur deux points : construction du nouvel observatoire, organisation des stations secondaires.

L'observatoire fut inauguré en juillet 1886. Les bâtiments sont situés dans un faubourg de Manille nommé Ermita, près de la mer ; rien n'en borne la vue. De grands jardins s'étendent tout autour, offrant toute facilité pour des agrandissements futurs. Le bâtiment principal, aux murs fort épais, a la forme d'un rectangle ; nous le décrirons plus loin en détail. Deux autres constructions séparées ont été élevées dans la suite, l'une servant de pavillon magnétique, l'autre attribuée aux observations astronomiques. Un poste télégraphique, réservé au service

météorologique, unit l'observatoire central au câble des Philippines et aux stations secondaires.

La plupart de ces stations furent fondées de 1885 à 1887. Les premières fondées, vu l'importance de leur situation géographique, furent celles du sud-est de l'île de Luçon. Le Père Faura lui-même, accompagné du Père Battló et de Dom Toribio Jovellanos, assistant à l'Observatoire, fit en 1885 un voyage dans ce but. Dom Jovellanos alla ensuite installer les stations du centre et du nord de l'île.

Chacune de ces stations fut pourvue des instruments suivants, signés pour la plupart de Negretti et Zambra :

Baromètre Fortin	Anémoscope
Thermomètre à maxima	Anémomètre
Thermomètre à minima	Évaporomètre
Psychromètre	Pluviomètre

Quelques-unes reçurent en plus un baromètre, psychromètre et thermomètre enregistreurs de Richard. Les observations de toutes ces stations étaient envoyées tous les jours télégraphiquement à Manille.

D'ailleurs, le zèle et l'activité du Père Faura ne se bornèrent pas à la météorologie. L'étude des phénomènes sismiques, si importants dans toute cette partie du monde, l'occupait depuis longtemps. Les notes qu'il publia, à propos du grand tremblement de terre de 1880, lui valurent même, de la part de la municipalité, le titre de *Fils adoptif de Manille*. Quatorze stations de l'île de Luçon, équipées d'instruments spéciaux, télégraphiaient les moindres mouvements du sol.

Mais, dès cette époque, les relations de l'Observatoire de Manille s'étendaient jusqu'à des postes bien plus éloignés : l'île de Mindanao, les Mariannes, les Carolines lui envoyaient leurs observations. Des dépêches météorologiques étaient quotidiennement échangées entre Manille et Macao, depuis 1885, Manille et Saïgon, depuis 1887,

sur demande spéciale des autorités de ces deux villes. Plus tard, en 1898, à la suite de l'expédition magnétique qu'il fit sur les côtes de la Chine et du Japon, le Père Michel Saderra Mata, alors directeur de l'Observatoire de Manille, obtint l'échange de télégrammes avec Tokio, Nagasaki, Shanghaï, Amoy et Haïphong. En 1899, le Père Algué, le directeur actuel, entra de même en relations quotidiennes avec les stations importantes de l'île de Formose.

Cependant de graves événements se passaient dans les Philippines, et l'Archipel changeait de maîtres. Par suite de la guerre hispano-américaine, l'amiral Dewey, avec sa flotte, stationnait, plusieurs mois durant, en rade de Manille. A l'amiral et aux commandants des divers bâtiments, le Père Algué envoya les annonces de typhons et les notices publiées par l'Observatoire. Sir Dewey lui en témoigna par lettre sa reconnaissance, et tint à confirmer l'exactitude rigoureuse des renseignements fournis.

Le câble unissant Manille à Hong-Kong avait été rompu. Un officier supérieur de la flotte anglaise à l'ancre devant cette dernière ville, pria immédiatement l'amiral Dewey de vouloir bien rétablir la communication, insistant sur les pertes et les accidents qui se produiraient, si Manille ne signalait plus l'arrivée des typhons. Le consul des États-Unis à Hong-Kong faisait bientôt la même requête et demandait au Père Algué de lui expédier dorénavant les télégrammes jusqu'alors adressés au consul d'Espagne. Mais ce fut M. Doberck, directeur de l'Observatoire de Hong-Kong, qui, bien malgré lui, attira le plus favorablement le regard des Américains victorieux sur l'Observatoire de Manille. Une lettre de lui, datée de l'été de 1898, en donnait au ministre de l'Agriculture des États-Unis une appréciation plutôt défavorable et appelait spécialement son attention sur les troubles que provoquait soi-disant, dans l'archipel, chaque annonce de typhon. Un décret ne tarda pas à interdire toute annonce. Mais

alors ce fut un *tolle* si général des compagnies de navigation, des cercles maritimes, de la presse et du public, à Manille et à Hong-Kong, que les Américains durent y regarder d'un peu plus près. Le résultat était à prévoir : dès avril 1899, l'Observatoire reprenait son service d'informations et sortait, grandi et mieux connu, de la lutte. Le Père Algué qui s'était tenu, en cette occasion, sur une défensive courtoise, reçut d'unanimes éloges, comme directeur de cet observatoire.

Organisation sous le nouveau régime. — En fait, pendant l'insurrection des Philippines et la guerre hispano-américaine, les observations de la station centrale n'avaient pas souffert une minute d'interruption. Sur l'ordre du gouvernement espagnol, le signal des tempêtes n'avait pas, il est vrai, été hissé pendant le blocus, mais aussitôt que le gouvernement des États-Unis eut pris possession de Manille, le capitaine du port s'empressa de réparer le mât des signaux et pria l'Observatoire de vouloir bien continuer, comme précédemment, les annonces de typhons. De multiple façon les Américains s'attachèrent dès lors à prouver quel cas ils faisaient des travaux de l'Observatoire. Par leurs soins la communication télégraphique fut rétablie avec le câble, avec les différentes stations ; le bureau astronomique fut chargé de transmettre l'heure moyenne à tous les ports. En 1899, le gouverneur militaire, major général E. Otis, confirmait à l'Observatoire le caractère officiel que le gouvernement espagnol lui avait reconnu en 1884. Les directeurs, du reste, montraient leur bonne volonté en publiant en anglais, dès 1899, à la demande des autorités de l'île, divers travaux et résumés météorologiques fort utiles. Enfin, le 22 mai 1901, une loi approuvée par le gouvernement de Washington constituait à nouveau, en lui donnant un énorme accroissement, le service météorologique de l'archipel des Philippines. Voici dans quelles circonstances.

Sur la demande de la commission chargée d'organiser

les nouvelles possessions américaines, on en dressa un atlas, accompagné d'un volumineux dossier, auquel les Pères de la Compagnie de Jésus collaborèrent pour une large part. Ces documents devaient être publiés par l'imprimerie gouvernementale ; pour en surveiller l'impression, le ministre de la Guerre manda le Père Algué à Washington. Celui-ci quitta Manille le 28 décembre 1899, laissant la direction provisoire de l'Observatoire au Père Doyle, un Irlandais qui avait déjà eu plusieurs fois l'occasion de traiter avec les autorités américaines, et partit pour les États-Unis. Il y rencontra partout les dispositions les plus favorables. Fort aimablement accueilli par le directeur du service météorologique, M. Willis L. Moore, le Père Algué fut présenté par lui au ministre de l'Agriculture, M. Wilson. Les plans élaborés reçurent approbation complète et furent envoyés à la commission officielle des Philippines à laquelle il avait été accordé plein pouvoir légal. Le Père Algué fut autorisé à aller en Europe pour y faire les achats nécessités par la nouvelle organisation ; il y représenta le gouvernement des Philippines à l'Exposition de 1900, puis, revenant par les États-Unis, il était de retour à Manille le 28 janvier 1901. Le 22 mai suivant, était publiée une loi réorganisant en détail le service météorologique de l'archipel. Le Père Algué était nommé directeur de ce service et dépendant du ministre de l'Agriculture au même point que le directeur du service météorologique des États-Unis ; un grand nombre de stations secondaires nouvelles étaient fondées, les services d'informations organisés minutieusement ; enfin, des sommes considérables étaient mises à la disposition de l'Observatoire.

Aux termes de la loi, les stations secondaires étaient divisées en quatre classes suivant leur importance ; elles formaient un total de soixante-douze. Aidés par la bienveillance du public, et par la générosité de plusieurs particuliers, les directeurs du nouveau service se mirent immé-

diatement à la dure tâche de les installer. Trois expéditions partirent successivement dans ce but, la première dirigée par le Père Balthazar Ferrer, assistant à l'Observatoire de Manille, la seconde sous les ordres du Père Martial Solà, secrétaire du service météorologique, la troisième conduite par le Père M. Saderra Mata, assistant. Toutes trois remplirent leur but, en dépit des difficultés matérielles.

En outre de ces stations officielles, il en existe encore dans les Philippines quelques-unes, tenues par des particuliers bénévoles, et d'autres fondées dans des lieux de villégiature dont on a un intérêt particulier à connaître à fond les conditions climatériques, parce que les Européens débilités par les chaleurs y vont retrouver la santé.

Le service météorologique des Philippines n'a cessé de fonctionner à la satisfaction de tous. Le Père J. Algué, directeur actuel de l'Observatoire, a été arraché, en 1897, date de la mort du Père Faura, à ses recherches astronomiques ; ses travaux l'ont fait connaître du monde entier, et, à St-Louis, c'est lui qui, tout récemment, a été chargé d'organiser l'exposition scientifique de l'archipel des Philippines.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire central de Manille s'occupe principalement de météorologie et d'astronomie (fig. 18). La météorologie est installée dans deux larges tours rectangulaires qui limitent, à ses deux extrémités, la façade principale. Dans la tour de gauche on a construit un énorme pilier de pierre de taille, qui s'élève à travers les deux étages tout en étant complètement isolé par un léger espace. C'est à ce pilier que sont fixés les

instruments exigeant une grande stabilité. Les instruments qui n'ont pas besoin d'être placés en plein air sont répartis dans deux grandes salles ; les autres sont distribués sur les terrasses des tours. Enfin, au milieu du jardin qui entoure l'Observatoire, deux enceintes gazonnées et légèrement surélevées (Pl. VIII, fig. 19), afin d'empêcher

Fig. 18. — Vue d'ensemble de l'Observatoire de Manille.

l'eau d'y séjourner dans la saison des pluies, contiennent le reste des appareils. Dans l'une des enceintes, un abri du type classique renferme les thermomètres et les hygromètres ; tout autour, les pluviomètres ; dans l'autre, un abri spécial contient les thermomètres à maxima et minima, les psychromètres, etc. Cet abri a un double toit : le toit supérieur est en lamelles de bois superposées de façon à laisser circuler l'air ; le toit inférieur est en feuilles de palmier ; l'ensemble est absolument impénétrable à la chaleur. Autour du second abri, les actinomètres, thermomètres à radiation, etc. Des séries de thermomètres permettent, en

Fig. 19. — Observatoire de Manille. Pavillon météorologique.

un autre endroit, de connaître la température du sol à différentes profondeurs.

Le matériel astronomique comprend un joli bâtiment surmonté d'un dôme et séparé du bâtiment principal (Pl. IX, fig. 20). Le dôme, construit à Barcelone, a été posé à Manille en 1898. La lunette méridienne, l'équatorial, les chronomètres ont chacun une salle spéciale. L'équatorial a $0^m,48$ d'ouverture ; l'objectif est de Merz et la monture de Saegmüller ; il possède deux spectrographes, l'un de Töpfer, de Berlin, l'autre de Hilger, de Londres. De nombreux sextants, plusieurs télescopes, dont quelques-uns peuvent être utilisés pour la photographie, des théodolites, un cercle mural donnant les secondes complètent l'ensemble.

Le magnétisme est d'autant moins négligé, à Manille, que l'Observatoire étant situé sur une ligne isogonique, les plus faibles perturbations s'y font sentir ; les résultats qu'on y enregistre ont une grande valeur scientifique. Le Père Cirera, fondateur de l'Observatoire magnétique de l'Èbre, inauguré en septembre 1904, a été longtemps directeur du service magnétique des Philippines.

Parmi les instruments dont est pourvu l'Observatoire de Manille, quelques-uns méritent d'être cités. Tel le météorographe du Père Secchi, enregistrant sur une même feuille de papier quadrillé les courbes correspondant aux variations de la pression atmosphérique, de la température, de l'humidité relative, de la force et de la direction du vent, avec l'heure et la durée des chutes de pluie. Cet instrument fonctionne sans interruption depuis 1869. Tel encore le céraunographe, inventé par le Père Joseph Schreiber, ancien assistant à l'Observatoire de la Compagnie de Jésus à Kalocsa, en Hongrie, destiné à déceler, à distance, les troubles électriques de l'atmosphère (1). Tel enfin le microséismographe de Vicentini, appareil

(1) Cet instrument, ainsi que le précédent, seront décrits dans d'autres notices.

enregistreur fort ingénieux, dont les courbes ont permis au Père Algué de reconnaître, non seulement les petites vagues sismiques locales, mais l'approche des cyclones, l'état de la mer dans le voisinage de l'île, etc. Le microséismographe a même pu enregistrer avec une amplitude de mouvement de $0^m,0039$ un tremblement de terre du Mexique.

Les quatre classes de stations rattachées à l'Observatoire sont pourvues de groupes d'instruments variant avec leur importance. Celles de première classe possèdent un appareillage météorologique complet. Celles de quatrième classe, créées surtout en vue de rendre service à une contrée purement agricole, s'occupent spécialement de mesures pluviométriques. Pour faciliter l'étude des mouvements terrestres, fréquents en ces régions, en introduisant le plus d'éléments possible dans la monographie de chacun d'eux, toutes les stations sont dotées en outre de sismographes d'un type uniforme ; leurs indications, confrontées, donnent lieu à d'intéressantes observations.

Les bâtiments qu'occupent les différentes stations ne sont naturellement pas construits sur le même modèle ; plusieurs, le plus grand nombre même, ont été achetés tout faits et aménagés pour leur nouvelle destination. On a choisi des constructions solides, aux murs épais, offrant toutes les garanties désirables. Plusieurs ont été offertes par de généreux amis de la science.

Ajoutons enfin que l'Observatoire de Manille a eu longtemps son imprimerie particulière ; mais depuis 1902 tous les travaux de l'Observatoire sont imprimés à l'imprimerie du gouvernement.

Inventions et travaux. — Peu d'observatoires offrent un ensemble d'inventions et de travaux aussi imposant que l'Observatoire de Manille. Aussi est-ce justice que ce chapitre nous arrête quelque peu.

La première invention que nous signalerons est celle d'un baromètre anéroïde par le Père Faura en 1885.

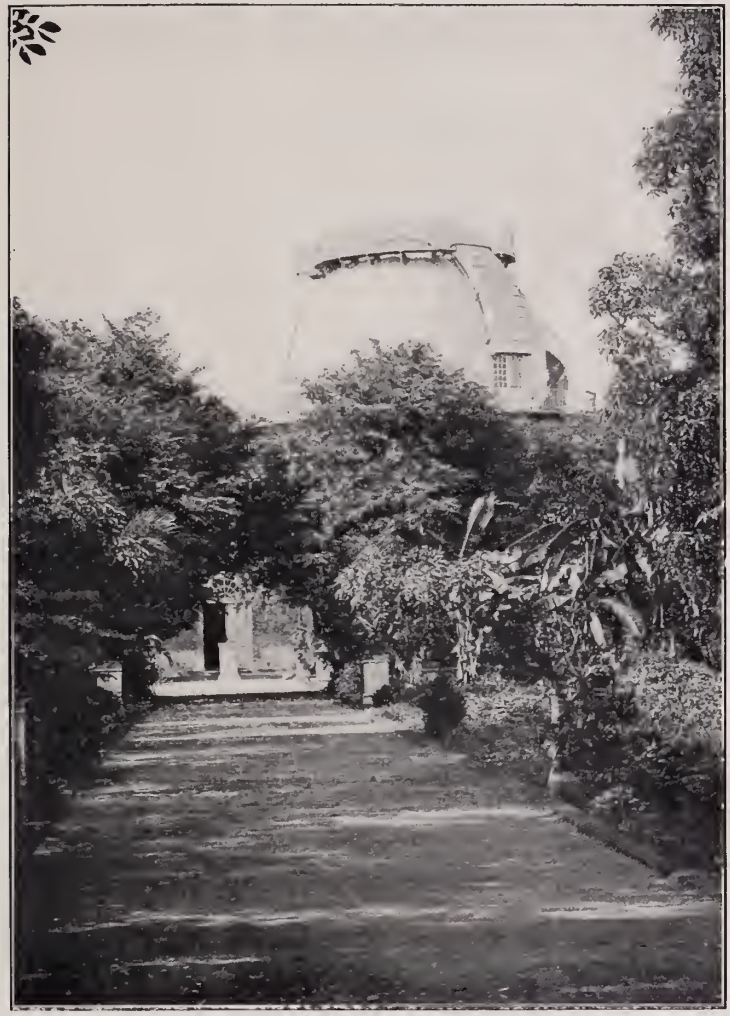


Fig. 20. — Observatoire de Manille. Pavillon astronomique.

L'idée du Père Faura était de créer un instrument portatif qui fournît des indications assez précises sur les typhons à ceux qui n'étaient pas à même de recevoir les annonces de l'Observatoire. Il y parvint en faisant graver sur le baromètre une série de données très claires que l'aiguille venait automatiquement montrer, sans erreur possible. Le baromètre du Père Faura est aujourd'hui d'un usage courant dans tout l'archipel et à bord des navires qui fréquentent ces parages : c'est la meilleure preuve de son utilité. Il a, du reste, été plus d'une fois copié ou contrefait.

En 1898, le Père Algué publiait son barocyclonomètre. L'instrument comporte un baromètre et un cyclonomètre. Le baromètre présente ceci de spécial que son échelle gravée est mobile. Les mers qui avoisinent les Philippines ont des particularités curieuses au point de vue des variations de la pression atmosphérique normale : cette pression est de 754 mill. à Hong-Kong et de 758 mill. à Manille ; entre Chefou et Iloilo elle varie de 771 mill. à 759 mill. Dans ces conditions, une échelle fixe, même réduite pour la région, n'est d'aucune utilité aux navigateurs et ne sert qu'à les induire en erreur. L'échelle mobile, inventée par le Père Algué, leur permet de remédier à ce défaut. Le cyclonomètre, adjoint au baromètre, représente graphiquement la section de la partie inférieure du corps d'un cyclone. Il permet aux pilotes de trouver aisément, dans tous les cas, la direction à prendre pour l'éviter.

Ajoutons, la chose n'est pas inutile, que, avant que le Père Algué ait pu prendre un brevet pour son invention, elle lui a été enlevée par le directeur de l'Observatoire de Brême, M. Paul Bergholz. Ce personnage a poussé l'audace jusqu'à faire construire un barocyclonomètre identique à celui du Père Algué, chez le fabricant même choisi par ce dernier, G. Lufft, de Stuttgart. La seule

différence est que les indications gravées sont en allemand au lieu d'être en anglais.

En 1900, le Père Algué, durant sa visite à l'Exposition de Paris, chargeait Ducretet de la construction d'un néphoscope de son invention. Cet appareil donne la direction de marche des nuages, et, de plus, leur vitesse apparente. Connaissant par des tables la hauteur de chaque catégorie de nuages, on déduit rapidement à l'aide de ces données la vitesse réelle. L'avantage de ce néphoscope est de ne donner lieu à aucune erreur de perspective et de permettre une lecture facile.

Enfin, il convient de mentionner ici le télescope à réflexion inventé par le Père Algué, en 1894, à l'Observatoire de la Compagnie de Jésus à Georgetown, et dont un exemplaire existe à Manille. Cet instrument, destiné à supprimer ce qu'on appelle l' « erreur personnelle », inévitable dans toutes les observations courantes, et à noter automatiquement le passage des étoiles, est décrit dans la notice de l'Observatoire de Georgetown.

Pour ce qui regarde les publications particulières dues à la plume des Pères qui se sont succédés à l'Observatoire de Manille, on comprendra que nous n'en puissions donner ici une liste complète. Plusieurs présentent, au point de vue technique, un grand intérêt, spécialement celles qui traitent des typhons et des phénomènes sismiques. Rappelons également que plusieurs des chapitres du grand ouvrage sur les Philippines édité en 1900 à Washington, par les soins du gouvernement des États-Unis, ont été écrits par des Jésuites.

L'Observatoire de Manille publie chaque mois un Bulletin in-quarto, donnant les tables numériques de ses observations. Ce Bulletin a paru en espagnol de 1865 à 1901. Depuis lors, il parait en anglais et en espagnol. Chaque fascicule contient d'ordinaire un ou plusieurs rapports détaillés sur un sujet intéressant la science : astronomie, climatologie, histoire naturelle, etc. Ces

pages mensuelles ne sont, d'ailleurs, que le résumé d'un service météorologique minutieusement et savamment organisé dont il nous reste à parler en détail.

De 1865 à 1880, on ne fit à l'Observatoire central de Manille que six observations par jour ; de 1880 à 1883, on les fit toutes les heures de 5 heures du matin à 11 heures du soir ; depuis 1883, elles se font régulièrement d'heure en heure, le jour, de 5 heures à 9 heures sur les instruments à lecture directe, et la nuit au moyen des enregistreurs.

Dans les stations de première classe, les observations sont lues six fois par jour, et des enregistreurs donnent les valeurs horaires. Dans les stations de seconde classe, qui ne possèdent pas d'enregistreurs, les observations sont lues six fois par jour également. Dans celles de troisième classe, elles ne le sont que deux fois. Les stations pluviométriques notent quotidiennement la pluie tombée, deux valeurs barométriques et les valeurs thermométriques maxima et minima. De plus, outre leur feuille quotidienne, les stations de première et de seconde classe doivent envoyer chaque mois à Manille un petit bulletin complétant et détaillant leurs observations ; elles en font autant à la fin de chaque année.

Les observations sismiques doivent être centralisées à l'Observatoire, aussitôt après le passage du phénomène. Là elles sont dépouillées et comparées : leur nombre, à lui seul, leur donne un grand intérêt, car, nous l'avons dit, toutes les stations sont pourvues de sismographes du même type.

Un autre service fonctionne encore à Manille : c'est le Service des récoltes *(crop service)*, fondé en août 1901 pour remplacer le Service agronomique qui existait sous le gouvernement espagnol. Chaque mois, les directeurs des stations adressent à l'Observatoire un rapport indiquant la nature et l'état des récoltes, l'influence que le temps a eue sur elles, la présence des insectes nuisibles, spéciale-

ment des sauterelles. La publication de ces renseignements est fort utile aux propriétaires et aux commerçants. Ajoutons que le Père William Stanton, directeur de ce service, a commencé à recueillir et à étudier les diverses espèces d'insectes nuisibles à l'agriculture, dans ces régions tropicales.

Enfin l'Observatoire de Manille est à la disposition du public pour régler tous les genres d'instruments météorologiques, déterminer au besoin leur erreur instrumentale, et ce, gratuitement. En particulier, il règle annuellement près d'une centaine de chronomètres, provenant des bateaux qui fréquentent le port.

Pourtant, sans contredit, l'un des rôles les plus importants de l'Observatoire de Manille est celui qu'il joue dans la prévision et l'annonce du temps. Ce rôle peut se dédoubler en deux parties : annonces régulières et annonces extraordinaires ; ces dernières concernent les typhons.

Deux fois par jour, Manille échange des télégrammes météorologiques avec des stations du Japon, de la Chine, de l'Indo-Chine et de l'île Formose, au nombre de vingt-trois, parmi lesquelles on trouve les principaux ports d'Extrême-Orient : Hong-kong, Macao, Saïgon, Haïphong, Shanghaï et Tokio. Les observations reçues, combinées avec les siennes propres, permettent à l'Observatoire de Manille de rédiger une note annonçant le temps probable pour les vingt-quatre heures suivantes. Cette note est immédiatement télégraphiée, avec variantes appropriées, à toutes les stations des Philippines, et portée à la connaissance du public.

Les annonces de typhons sont un peu plus compliquées. Aussitôt que les troubles atmosphériques précurseurs ont été signalés, la vigilance de l'état-major de l'Observatoire redouble : les observations sont faites à des intervalles très rapprochés ; on les demande, d'heure en heure, aux stations qui, par leur situation, semblent pouvoir fournir des données plus importantes ; on tâche enfin, de toute manière, de prévoir la marche du terrible ennemi.

Si le typhon approche, des télégrammes sont expédiés à tous les points des Philippines en relation avec l'Observatoire, indiquant le trajet suivi et les localités particulièrement menacées. Ces télégrammes sont immédiatement publiés et les capitaines de ports hissent les signaux convenus. A Manille même, capitaine de port, commandant de l'escadre, directeurs des compagnies de navigation sont tenus au courant, d'instant en instant ; des signaux spéciaux, cônes et boules pendant le jour, feux blancs et rouges pendant la nuit, hissés au sémaphore, indiquent la direction et la violence du cyclone. S'il y a lieu, les amarres des navires sont renforcées et les précautions les plus minutieuses prises pour éviter tout accident.

Les annonces de typhons sont encore câblées de Manille aux grands ports que nous citions plus haut. Manille, en effet, occupe une position en vedette par rapport aux côtes de Chine et du Japon. Les terribles tempêtes qui se forment dans le Pacifique se dirigent, en effet, dans la direction de l'un ou l'autre de ces deux pays, et dans les deux cas passent à proximité plus ou moins grande de Manille ; de cette île à la Chine, les typhons mettent d'ordinaire de deux à quatre jours pour se transporter ; pour atteindre le Japon, il leur faut de trois à dix jours. On conçoit, dès lors, tout l'avantage que les habitants et les navigateurs ont à être renseignés d'avance pour se tenir sur leurs gardes. Aussi l'Observatoire de Manille envoie-t-il généralement trois dépêches pour chaque typhon : la première signalant son existence et sa position ; la seconde son passage sur l'Archipel ou à courte distance ; la troisième indiquant la fin du typhon sur l'archipel et la direction qu'il a prise.

Que de vies et d'argent ont déjà été sauvés par ce service d'annonces ! Il serait difficile sans doute de le supputer.

Conclusion. — Les lignes qui précèdent auront suffisamment montré que l'Observatoire de Manille n'a jamais

failli à la tâche, durant sa déjà longue existence, et qu'il a bien rempli le but de ses fondateurs. Malgré les attaques injustes dont il a parfois été l'objet, dans l'ensemble on lui en a été reconnaissant.

En 1885, l'Observatoire était couronné à l'Exposition coloniale universelle d'Amsterdam; il l'était encore à l'Exposition de Madrid, en 1887. En 1893, l'Amérique célébrait la mémoire de Christophe Colomb par la grande Exposition de Chicago; deux Pères de l'Observatoire furent officiellement convoqués pour y représenter le gouvernement espagnol. En 1900, le Père Algué était envoyé par la Commission des Etats-Unis aux Philippines, comme délégué au Congrès international de météorologie de Paris. En 1902, l'Observatoire de Manille prenait part à l'Exposition coloniale de Hanoï, sur le désir exprès du consul de France. Enfin, nous avons dit que le Père Algué avait été chargé par les États-Unis d'organiser l'Exposition scientifique des Philippines à la *World's Fair* de St-Louis.

Ajoutons que, en 1896-97, Manille a été l'un des seize observatoires choisis pour déterminer les mouvements généraux de l'atmosphère au moyen de mesures très précises effectuées sur les nuages.

(A suivre.) P. DE VREGILLE, S. J.

L'INDUSTRIE DE L'OR.

S'il est un mot magique, c'est celui qui désigne le précieux métal.

Posséder l'or : n'est-ce point le but exclusif, et de la plupart des hommes civilisés, qui voient sans cesse croître leurs besoins de bien-être, et même des pauvres sauvages, qui savent échanger un peu de leur poudre contre la pacotille des traitants ?

La légende veut qu'il soit des pays fortunés où la terre est comme pavée d'or : Eldorado, Californie, Australie, Transvaal, Klondyke ; là, dit-on, les gueux deviennent d'un coup riches à millions, et tel miséreux, qui, ne sachant où reposer sa tête dans notre égoïste vieux monde, s'en est allé, le désespoir au cœur, tenter là-bas la fortune, s'y est un jour éveillé sur un lit d'or.

De tels récits sont loin de la réalité. Que certains *prospecteurs* aient fait une fortune rapide, cela est vrai ; mais combien ont payé de leur vie l'*auri sacra fames* qui les dévorait ! Qui n'a présentes à l'esprit les lamentables odyssées des chercheurs d'or du Klondyke, luttant tout ensemble contre les froids terribles d'un hiver polaire, contre l'extrême humidité de soudains dégels, contre la férocité de forbans (1), désireux de s'approprier leur bien par quelque audacieux coup de main, et s'en revenant pour la plupart ruinés et non pas enrichis, heureux encore

(1) Au Klondyke, actuellement, la police est parfaitement bien organisée et la sécurité absolue. Les immigrants ne peuvent débarquer s'ils ne possèdent une certaine somme, les résidents ne peuvent quitter le pays s'ils ont des dettes.

de n'être pas comptés parmi ceux que la mort avait fait siens, là-bas ?

Le vrai est que, des quelque 1500 millions d'or extraits annuellement des mines du monde entier, la plus grande part est le fruit d'une industrie en tous points comparable à celle des métaux vulgaires.

Les placers donnant l'or à la pelle sont d'une extrême rareté. Au contraire, les gisements où la quantité d'or ne dépasse point quelques centigrammes par tonne de minerai sont les plus communs ; et ces gisements sont couramment exploités.

Aussi bien, l'accroissement constant de la production de l'or tient non seulement aux nouvelles découvertes de gisements, mais encore aux traitements de plus en plus perfectionnés, qui permettent d'extraire l'or de minerais pauvres délaissés jusqu'alors, et même des résidus, faiblement aurifères, des anciennes exploitations.

Si de 1875 à 1880 la production mondiale de l'or, restant à peu près stationnaire d'une année à l'autre, atteignait bon an mal an 480 millions de francs, avec le maximum de 639 millions en 1878 ; si en 1890 cette production approchait de 700 millions et passait en 1899 à 1612 millions, l'accroissement si rapide ainsi réalisé était dû non seulement à la découverte des filons du Transvaal, mais encore à l'emploi de procédés d'extraction nouveaux. Pour preuve, ce fait : depuis 1890 toutes les régions aurifères, *sauf la Sibérie*, ont doublé leur production et, par ailleurs, les Russes, *au contraire des Anglo-Saxons* (qui détiennent les exploitations du Canada, de la Californie, du Transvaal, de l'Australasie) en sont restés aux méthodes d'autrefois.

L'or se rencontre soit à l'état libre, dans les sables ou alluvions qui forment les lits des rivières, soit empâté dans certaines roches quartzeuses, où il se trouve mêlé à

diverses substances. De là, deux traitements bien différents des masses aurifères.

Dans le cas d'alluvions, il suffit d'opérer un simple triage, soit à la main, pour les pépites, soit à l'aide de l'eau, pour l'or en particules ténues ; car dans un mélange d'eau, de sable et d'or, l'or descend au fond et se sépare ainsi du gros des matières étrangères. Le mélange riche en or recueilli au fond de la cuve est soumis à l'action du mercure qui dissout le métal précieux. Une simple distillation sépare ensuite l'or du mercure. Les alluvions à pépites sont d'ailleurs fort rares, et celles-ci sont d'ordinaire fort petites ; la plus grosse qu'on ait jamais rencontrée pesait 95 kilogrammes ; on la trouva à Molvague, en Australie. Une pépite de 4 kilogrammes est encore un échantillon historique et il n'en a guère été trouvé plus d'une vingtaine dépassant ce poids ; il est vrai qu'une pépite de 4 kgr. a déjà une valeur respectable, 12 000 fr. D'ordinaire, l'or des alluvions est à l'état de poussière impalpable ou de paillettes très menues.

Bien plus compliqué est le traitement des roches aurifères. Un broyage préalable, dégageant l'or de sa gangue, est tout d'abord nécessaire ; ensuite on traite le mélange d'or et de débris rocheux à peu près comme les alluvions. Mais il est ici des minerais qui ne se prêtent pas à l'action du mercure et qui, jusqu'à ces dernières années, avaient été délaissés pour ce motif : on ne savait point en retirer l'or. Voici que, tout récemment, les procédés dits de cyanuration, de chloruration, de bromo-cyanuration ont permis de les traiter : de là, pour une part, l'essor prodigieux de l'industrie aurifère, qui jette actuellement sur le marché deux fois autant d'or qu'en 1890.

L'étude de l'industrie aurifère comporte ainsi deux grandes divisions : les alluvions, les minerais.

Pour les alluvions, il y a lieu de distinguer la petite, la moyenne, la grande industrie.

Ici, c'est le simple plat creux des prospecteurs, qui,

rempli de sable et d'eau et agité d'un mouvement circulaire, laisse échapper peu à peu tout ce qui n'est pas or ; là, dans les régions privées d'eau, comme l'Australie occidentale, ce sont les vanneurs à or ; puis, les dragues, qui peuvent traiter jusqu'à 80 000 mètres cubes d'alluvions par mois ; enfin les gigantesques barrages et les conduites d'eau de 100 kilomètres et plus de Californie, destinés à produire des trombes liquides qui délitent des montagnes entières et savent en extraire l'or.

Pour les minerais qui, au contraire des alluvions, ne peuvent être traités que par la grande industrie, il y a lieu d'étudier les moulins, les concentrateurs, les distributeurs, les traitements chimiques.

Bref, autant de chapitres présentant chacun un intérêt marqué, cela en raison des aspects divers que présente la recherche de l'or tant dans les pays froids que dans les pays chauds ou tempérés, pour ce motif aussi que les procédés d'extraction sont la plupart d'une extrême ingéniosité.

I

LES ALLUVIONS AURIFÈRES

On peut distinguer trois catégories d'alluvions aurifères : les alluvions anciennes, les alluvions glaciaires, les alluvions récentes.

Les alluvions anciennes appartiennent aux époques géologiques les plus diverses. Il en est qui remontent à l'époque primaire, comme le conglomérat du Gard, en France, et qui sont le plus souvent recouvertes par des terrains de formation relativement récente. Lors de la destruction de ces derniers, le métal précieux des alluvions, mis au jour, est entraîné par les cours d'eau et

s'amasse dans certaines poches où les orpailleurs savent le recueillir.

A ce genre d'alluvions appartiennent les dépôts qui se rencontrent sur les plateaux, en Californie notamment. Les unes et les autres ont ce caractère d'être disposées en couches indépendantes de l'orographie actuelle des contrées où on les rencontre, de recouper, par exemple, les vallées.

Les alluvions glaciaires ont été constituées par les glaciers et non plus par les cours d'eau comme les alluvions anciennes ou récentes. C'est à des alluvions de ce genre que le Rhône doit d'être aurifère aux environs de Pont-Saint-Esprit, à sa sortie des plaines du Lyonnais. Là, en effet, il traverse l'ancienne moraine des glaciers alpestres, beaucoup plus développés alors qu'ils ne le sont de nos jours. Telles sont aussi les alluvions du Pamir occidental et celles du Tian-Chan.

Enfin, il y a lieu de distinguer dans les alluvions récentes celles qui sont au-dessus du niveau actuel des rivières et celles qui sont au niveau même des rivières ; dans ces dernières on doit comprendre les lits des rivières aurifères.

Il est à noter que, sauf exception, la partie la plus riche d'une alluvion aurifère est la partie la plus profonde, pour cette raison que l'or tend toujours à s'infiltrer dans les sables, à descendre : c'est une conséquence de son poids spécifique fort élevé.

Les alluvions aurifères des pays habités sont toujours, et de temps immémorial, connues pour telles par les autochtones, sauf les cas où elles sont si profondément enfouies que leur accès nécessite des travaux d'art. La prospection est donc pour l'ordinaire guidée par certains renseignements particuliers aux contrées explorées. La connaissance de la géologie, plus encore le coup d'œil des chercheurs d'or locaux, peut lui être aussi d'une aide efficace.

Partout, l'étude première d'une alluvion se fait au

moyen d'un plat de dimensions variables, nommé *pan* ou *batée*, d'environ 50 centimètres de largeur et de 8 centimètres seulement de profondeur ; l'on y verse un mélange d'eau et d'alluvion ; un mouvement de balancement, imprimé à l'appareil, fait ensuite que le sable et l'eau sont peu à peu rejetés au dehors, tandis que le métal précieux se concentre au fond de la cuvette.

Le *pan* est employé par les Américains et les Australiens ; la *batée* par les Sibériens et les Nègres. Les Américains du Sud emploient un ustensile analogue mais plus petit, qu'ils nomment *poruña*.

La teneur en or du résidu est généralement évaluée au coup d'œil ; il suffira de dire ici qu'un prospecteur exercé sait distinguer une alluvion renfermant *trois centimes seulement* d'or *au mètre cube* d'une alluvion stérile.

Souvent, dans le cas d'alluvions riches, le lavage au *pan* est plus qu'un procédé de prospection ; il devient procédé d'exploitation.

Il est rare d'ailleurs que cette industrie rudimentaire ne nécessite quelques travaux propres à dégager l'alluvion aurifère ou la partie inférieure de cette alluvion, qui d'ordinaire est la plus riche ; telles sont les galeries souterraines creusées par les Sartes de la Boukharie orientale dans le but d'extraire les alluvions qui gisent au-dessous du niveau actuel des eaux. Ces pauvres gens sont à ce point dénués de procédés pratiques, que les boyaux de 1 kilomètre et plus qu'ils creusent sont parfois l'œuvre de plusieurs générations et se lèguent de père en fils comme propriétés reconnues par la loi et les coutumes. En raison de l'exiguïté de ces boyaux, les enfants seuls peuvent en retirer les matériaux, alluvions et autres. Ils emploient à cet effet des hottes pouvant en contenir 10 à 12 kilogr.

Dès qu'un lavage au pan a démontré la présence de l'or dans une alluvion, on se préoccupe de déterminer la situation de la couche la plus riche : celle-ci, on l'a dit, se trouve d'ordinaire à la partie inférieure de l'alluvion ;

même la roche servant de support à l'alluvion peut contenir un peu d'or, qui s'y sera introduit par infiltration. La couche la plus riche reconnue, on exécute divers sondages plus ou moins éloignés du premier, qui délimitent le placer. L'exploitation moyenne ou intensive peut alors intervenir.

Les prospections devant servir de base aux grandes exploitations sont préparées de longue main et suivant des principes particuliers aux diverses régions où elles ont lieu.

En Sibérie, dès que les rivières commencent à geler, au mois de novembre, les expéditions ou *parties*, composées de vingt, quarante individus et plus, se mettent en route et se rendent sur le théâtre de leurs recherches. Elles y exécutent pendant les grands froids (30° et 40° centigrades sous zéro) des puits nommés *chourfs*, de section carrée, de $1^{m},50$ à 2 mètres de côté, et situés à environ 50 mètres les uns des autres, sur une ligne perpendiculaire à la vallée qu'il s'agit d'explorer. Souvent les travaux à exécuter sont extraordinairement pénibles, car dans ces régions glacées le gel du terrain atteint des profondeurs incroyables ; c'est ainsi que dans le bassin de la Léna, où de riches alluvions sont exploitées à 25 et 30 mètres au-dessous de la surface du sol, celles-ci sont converties en roc par le froid. Or les terrains gelés ne peuvent s'abattre au pic ; ils résistent à cet outil, car ils se matent à la façon du plomb. Il faut, soit les laisser dégeler par le soleil, à raison de $0^{m},10$ par jour, soit s'aider du feu, et encore avec d'infinies précautions, le feu transformant ce roc en une boue liquide qui vient combler les puits.

Au printemps, les *parties* regagnent les régions civilisées et l'examen du registre des sondages fait connaître s'il y a lieu ou non d'exploiter le placer étudié.

Les frais d'une partie de 10 hommes s'élèvent à environ 30 000 francs.

En Guyane, les choses se passent un peu différem-

ment. Tout le monde y cherche l'or, soit pour son propre compte, soit pour le compte d'autrui. Souvent même ces deux conditions sont cumulées.

Là, les prospecteurs commencent par se munir d'une de ces pirogues du pays qui, creusées à l'aide du feu dans un tronc d'arbre, sont d'une solidité à toute épreuve et reviennent à la somme modique de 250 à 300 francs. Ces embarcations peuvent emporter 1200 kilogr. de fret.

D'ordinaire, une expédition comporte plutôt deux pirogues et se compose de 7 à 8 hommes, plus une femme, qui cumule les fonctions de blanchisseuse et de cuisinière.

On emporte des vivres pour six semaines ou deux mois : manioc, riz, morue, lard, tafia pour les nègres, farine et biscuit en sus pour les Européens. On emporte aussi ses ustensiles de chasse et de pêche, destinés à assurer des vivres frais au personnel.

Le départ a lieu à l'époque des eaux moyennes ; c'est alors que la navigation offre le moins de dangers et n'exige qu'un nombre restreint de transbordements au passage des rapides.

Arrivée au lieu de prospection, l'équipe creuse des trous rectangulaires de un mètre sur deux et examine les sables au moyen de la poruña.

La recherche dans les lits des rivières desséchées est relativement facile. Il n'en va pas de même pour les régions boisées où un réseau inextricable de troncs énormes, de lianes, de souches, de racines vient s'opposer aux travaux. M. Levaf, dont les ouvrages font ici autorité, estime que les frais de déboisement et de dessouchement d'un hectare de forêt atteignent environ 2000 francs si la largeur de l'emprise ne dépasse pas 20 à 30 mètres, et s'élèvent au double si cette largeur d'emprise est portée à 50 ou 60 mètres. Ce déboisement s'effectue à la hache, travail que les indigènes savent exécuter avec une merveilleuse adresse, profitant de l'enlacement général des arbres par

les lianes pour les abattre par *rideaux*. Ils choisissent à cet effet deux chefs de file, deux gros arbres touffus, enlèvent les menus bois qui se trouvent entre les deux, entaillent ensuite jusqu'au cœur les arbres intermédiaires et attaquent enfin les deux chefs de file ; la chute de ceux-ci entraîne tous les autres. Les arbres abattus sont débités par morceaux, emportés à dos d'homme ; un second rideau est alors abattu, et ainsi de suite. Reste à effectuer le dessouchement, plus aisé qu'on ne le penserait, grâce à cette circonstance que les arbres guyanais sont à racines traçantes et non pivotantes.

D'ordinaire, les prospecteurs demandent un permis de recherches pour la région qu'ils ont en vue ; le coût est de fr. 0,10 par hectare et le permis est valable pendant deux ans.

S'ils n'ont point pris cette précaution, le placer qu'ils découvrent appartient au premier d'entre eux qui vient le déclarer à Cayenne. Ils se livrent en ce cas à des luttes de vitesse souvent épiques, parfois dramatiques. Un des plus riches placers du pays a été l'objet d'une compétition de ce genre ; le plus fort pagayeur l'emporta. L'histoire en est restée légendaire.

En Guyane, comme en Sibérie, la superstition a une large part dans la recherche des gisements aurifères. Une grande importance est attribuée au nom du placer. En Sibérie, nombreux sont les Blagoviestchensk (Bonne-Nouvelle), les Nadiéjda (Espérance), les Vissioly (Joyeux), les Rodjestvensky (Noël), les Préobrajensky (Transfiguration), les Vozdvijensky (Érection de la Croix) ; en Guyane on trouve les « Pas-trop-tôt, Enfin, Dernière Chance, A-Dieu-Vat, Dieu-Merci, Tard-Venu, » etc.

Et nous arrivons ainsi à l'exploitation industrielle, préparée par la prospection et le simple lavage à la batée.

Dans l'industrie moyenne, on se préoccupe d'accélérer le lavage à la batée au moyen d'instruments appropriés.

Le *Cradle, Rocker* ou *Berceau*, sorte de caisse de bois rectangulaire d'environ un mètre de côté, est l'appareil le plus simple parmi ceux qu'on emploie d'ordinaire. On lui imprime un mouvement de va-et-vient, qui a pour résultat de rejeter l'eau et le sable dont on le remplit, et de faire descendre l'or au fond. C'est l'outil préféré des Chinois.

Le Cradle a été perfectionné récemment de manière à élever son débit de lavage à 15 mètres cubes de gravier par jour.

Ensuite vient le *Long-Tom*, qui est formé d'une boîte inclinée de $3^m,60$ de long sur $0^m,30$ à $0^m,60$ de large. On y verse un mélange d'eau et d'alluvions qui s'écoule peu à peu, tandis que l'or est retenu sur le plancher par de petits taquets tellement disposés qu'ils constituent des rigoles. Il est d'usage de débourber l'alluvion et de la tamiser avant de la passer au Long-Tom ; la consommation d'eau s'en trouve réduite.

Le fond du Long-Tom chinois présente une particularité intéressante : il est percé de trous qui laissent tomber l'or dans une caisse fermée à clé.

Le Long-Tom boukhare est construit à même le sol, au bord de l'eau, en raison de la pénurie de bois ; son plancher d'argile est garni de bandes de feutre en poil de chameau, qui retiennent l'or.

Le Long-Tom est encore utilisé en Sibérie sous le nom de *Stanock*, sur les rives aussi de la mer de Behring, dont les sables sont aurifères.

C'est le principal instrument employé au *Placer Union*, qui occupe 4 milles de longueur sur les bords de l'Océan Pacifique, à 500 kilomètres environ au nord de San-Francisco, à 25 kilomètres au sud de la rivière Klamath. La récolte du sable aurifère s'opère, soit sur la plage, à marée basse, soit dans une dune voisine de la côte. L'installation comprend trois long-toms. Le sable est tout d'abord distribué en tête d'une première table, de forme trapézoïdale, de 11 pieds de long, de deux pieds de large en tête,

de six pieds de large à son extrémité. Mélangé d'eau, il coule sur une seconde table de 6 × 6 1/2 pieds, percée de trous de 6 millimètres et formant crible : les cailloux stériles sont ainsi retenus et évacués aussitôt. De là, les sables fins passent sur une table de 6 × 6 pieds, couverte de plaques amalgamées, dont le mercure dissout l'or, puis sur une dernière table de 6 × 6 pieds encore, garnie de couvertures de laine qui retiennent les dernières particules du précieux métal.

Une machine de 16 chevaux élève l'eau nécessaire au lavage et monte aussi les sables à la hauteur des premières tables des 3 long-toms.

Les plaques de cuivre amalgamées, c'est-à-dire alliées de mercure, ont la propriété de dissoudre les particules d'or qui viennent à leur contact. Elles sont en cuivre recuit et mesurent environ 3 millimètres d'épaisseur. On les prépare comme il suit : tout d'abord on les frotte vigoureusement à la brique, pour détruire toute trace d'oxyde, puis on les lave à l'eau chaude et enfin on les frotte avec un drap imprégné de mercure ; bientôt, surtout si l'on s'aide d'un peu de cyanure de potassium, une tache blanche apparaît en un point de la plaque, s'étend et la couvre ensuite en entier. L'opération est alors terminée. Parfois on argente les plaques de cuivre avant de les amalgamer ; cela facilite la prise du mercure.

La récolte de l'or des plaques s'opère en les raclant avec des palettes de caoutchouc, car l'emploi des racloirs durs et, tout spécialement, métalliques leur est nuisible. On brosse ensuite les plaques et on les remet en état par une légère addition d'une lessive de cendres de bois et de cyanure de potassium.

Quant à l'amalgame d'or, obtenu, soit par l'usage des plaques, soit par le mercure versé dans les appareils destinés à laver les sables, on le presse d'abord dans une peau de chamois, ce qui élimine une part de mercure,

puis on le distille à la manière ordinaire : l'or reste sous forme de résidu.

Nous arrivons au *sluice*, le plus important appareil de l'industrie moyenne.

En principe, le sluice est un canal rectangulaire en bois, de longueur telle que, pendant le passage de la boue aurifère, le métal précieux ait le temps de se séparer des matières stériles et de venir se déposer sur le plancher inférieur, où se trouvent des dispositifs propres à le retenir.

Les sluices les plus courts n'ont jamais moins de 10 à 12 mètres en longueur : et ceux-ci exigent que les sables aurifères soient débarrassés des gros cailloux avant d'y être introduits, que les mottes argileuses soient broyées avant d'y pénétrer. Cailloux et mottes de terre risqueraient en effet d'entraîner certaines particules d'or n'ayant pu se fixer au fond de l'appareil dans un aussi court trajet.

Le sluice « normal » est construit sur place, en planches grossières non rabotées ; sa largeur usuelle varie entre 20 et 45 centimètres, sa profondeur de 15 à 25 centimètres et sa longueur de 16 mètres à 100 mètres et plus.

La partie supérieure de cette sorte de canal, qu'on incline de 10 à 20 degrés sur l'horizon, a le fond garni de petits tasseaux, destinés à désagréger les mottes d'argile. D'autres tasseaux, destinés à retenir l'or, sont placés à la suite de ceux-ci.

Une très grande quantité d'or fin serait cependant perdue, si l'on se bornait à laisser agir ceux-ci. On complète leur action par celle d'une certaine quantité de mercure, environ 2 kilogrammes, qu'on verse en tête de l'appareil et qu'on fait tomber en pluie fine, en le mettant au préalable dans une passoire ; retenu par les tasseaux, il retient l'or à son tour.

On nettoye fréquemment le sluice et, lorsqu'il est usé, on le brûle : ses cendres sont traitées comme des alluvions ordinaires.

Un sluice de $0^m,40$ à $0^m,45$ de largeur peut passer de un mètre cube et demi à deux mètres cubes de gravier par heure. Sa marche exige un surveillant, un nombre variable de déblayeurs, 6 ou 12 piocheurs pelleteurs, un homme placé tous les 5 ou 6 mètres pour enlever les gros cailloux et les mottes d'argile, deux ouvriers chargés de dégager la queue de l'appareil. Le rendement varie d'un demi-mètre cube à deux mètres cubes d'alluvions par journée d'ouvrier.

La question du débourbage et de l'élimination des gros cailloux est des plus importantes. Les tasseaux en bois sont insuffisants à produire ces effets. On arrive à produire le débourbage en ajustant sur le fond, dans la partie élevée de l'appareil, des sortes de griffes de fer ; à la suite de celles-ci, on dispose des grilles, analogues aux essuie-pieds métalliques actuellement répandus partout ; les vides en forme de losange de ces grilles retiennent les cailloux, qu'on peut enlever ensuite à la pelle.

Les sluices importants nécessitent des travaux préparatoires qui touchent parfois à la grande industrie et qui sont, outre le déboisage dont il a été parlé déjà, la construction d'un barrage en amont, l'établissement d'un canal amenant l'eau du barrage à la tête du sluice, enfin le décapelage ou enlèvement des stériles, recouvrant les alluvions aurifères.

Il est de toute nécessité que le barrage soit parfaitement bien construit et puisse supporter les crues, car sa rupture peut entraîner la ruine des exploitations placées au-dessous. Et puis, c'est un fait d'expérience qu'une fois emporté, un barrage est des plus difficiles à réparer, car les eaux, en l'affouillant, y creusent d'ordinaire une grande cavité qu'il importe tout d'abord de combler.

Ces barrages se construisent toujours en terre et en bois. Si la rivière n'a pas plus de 15 mètres de largeur, le plus simple est de pratiquer deux rainures en face l'une de l'autre dans un endroit escarpé et de superposer

les uns aux autres des troncs d'arbre, qui, placés perpendiculairement au fil de l'eau, s'appuient par leurs extrémités dans les rainures. Un second barrage identique est placé à deux ou trois mètres de distance, puis l'intervalle est comblé avec de la terre glaise battue. Enfin un piquetage en amont et un piquetage en aval, l'un et l'autre formés de pieux verticaux, s'appuyant sur les premiers troncs d'arbre, viennent consolider l'ouvrage. Le trop-plein s'établit sur l'une des rives, et sur l'autre on place la prise d'eau destinée aux chantiers.

Il sera question plus loin seulement des grands barrages, tels que ceux de Californie, qui emmagasinent jusqu'à 35 millions de mètres cubes d'eau et qui sont construits, comme bien on pense, tout différemment. Ils n'ont en effet rien de commun avec l'industrie moyenne de l'or, qui nous occupe seule ici.

Il nous reste à remarquer que l'opération importante du décapelage n'est pas toujours faite, et bien à tort, avec tous les soins désirables. C'est ainsi qu'en Guyane, les premiers stériles qui recouvrent la couche aurifère sont déversés sur le champ même d'exploitation, puis, une fois lavées les alluvions qui se trouvent au-dessous, sont remaniés à nouveau et rejetés sur ces alluvions, d'où le travail inutile d'un double transport.

Cette mauvaise méthode d'opérer provient de l'empressement fiévreux qu'ont les prospecteurs de faire les premiers lavages.

Dans une exploitation raisonnée, les stériles placés au-dessus de la couche aurifère doivent être, dès le début, transportés dans un endroit tel qu'ils ne gêneront en rien les travaux futurs.

Heureux encore sont les mineurs qui peuvent trouver assez d'eau dans les environs de leurs placers pour user de la batée, du long-tom, du sluice. Tels ne sont pas ceux de l'Australie occidentale.

Dans cette région désertique, comparable en tous points

à notre Sahara, aucune exploitation hydraulique n'était possible. Seul, le vannage devait donner des résultats appréciables.

Les premiers appareils, connus sous le nom de *knockers* (frappeurs), à cause du choc produit par un mouvement d'excentrique qui écoulait uniformément le sable à traiter, eurent peu de succès ; ils étaient encombrants et difficiles à régler. Peu à peu cependant leurs défauts furent corrigés et on est arrivé aujourd'hui à construire des vanneurs à peu près parfaits, formés essentiellement d'une plaque perforée ne donnant point passage aux gros cailloux, d'un tamis en zinc rejetant les cailloux moyens, d'un soufflet produisant un courant d'air à travers les mailles du tamis ; ce courant d'air sépare les parties terreuses de l'or, lequel tombe dans des sluices secs qui le retiennent. L'originalité du système consiste dans la présence de sortes de tuyaux verticaux qui retiennent l'or, tandis que les matières plus légères sont rejetées par les filets de vent qui passent à travers les trous du tamis et sont finalement expulsées.

Une observation importante : l'air doit être amené par une soufflerie intermittente et non en jet continu.

Les machines de ce genre, fabriquées sur place, reviennent à environ 200 francs. On a tenté de leur substituer, mais sans grand succès, des sasseurs.

Au contraire, M. Edison a réussi à résoudre, par un appareil spécial, un problème fort compliqué, sur lequel les vanneurs ordinaires n'avaient aucune prise.

Il s'agissait de traiter à sec les « Gold Mountains » du Nouveau-Mexique, situées à 35 milles au S.-W. de Santa-Fé. Grandes étaient les difficultés à vaincre. Le procédé à découvrir devait être très économique, l'appareil devait être capable de traiter de grandes quantités d'alluvions, d'en extraire aussi bien l'or en pépites que l'or fin ; enfin il devait donner un rendement élevé.

Après trois années d'études, M. Edison reconnut qu'à

la suite d'une simple chute dans un courant d'air horizontal, l'or se séparait des matières terreuses en vertu de son poids spécifique élevé ; il construisit sur cette donnée un appareil, où se trouvaient réalisées les qualités pratiques que voici : absence de variations dans la pression du courant d'air, écoulement régulier de la veine gazeuse, chute, sans vitesse initiale, de toutes les parcelles, aurifères ou non, appareil qui résolvait complètement le problème posé.

Nous voici bien près de la grande industrie, qui n'est qu'un prolongement de l'industrie moyenne, de même que celle-ci est un perfectionnement du simple lavage à la batée. Et nous allons voir que la grande industrie aurifère ne le cède en rien à l'industrie métallurgique, à l'industrie houillère, à nulle, en un mot, des exploitations, où le machinisme a réalisé les merveilles que l'on sait.

Cradles, long-toms, sluices ordinaires sont des appareils impuissants à laver les cubes énormes d'alluvions qu'exploitent les grandes sociétés, et surtout, les sables aurifères que recouvrent les eaux des fleuves.

L'appareil usité pour traiter ces derniers est la drague, d'invention, ou mieux, d'appropriation toute récente. Les premières machines de ce genre furent mises en service vers 1885 : c'était en Nouvelle-Zélande. Ce n'est guère cependant avant 1895 que les dragues furent communément employées.

La drague est un perfectionnement de la pelle à sable ou à gravier, emmanchée au bout d'une perche, au moyen de laquelle les orpailleurs tirent à eux le sable situé sous les eaux des rivières. Un premier progrès fut de manœuvrer non plus du rivage, mais à bord d'un radeau, et de remplacer la pelle par une sorte de poche à bords tranchants, puis, d'agrandir la poche, et de la remonter à l'aide d'une corde enroulée sur un treuil. Un sluice, destiné à laver le sable, fut adjoint au radeau, ainsi

qu'une pompe, propre à amener en tête du sluice l'eau nécessaire à ce lavage.

Cet appareil, encore primitif, est utilisé par les maraudeurs, en Sibérie orientale ; ils écrèment ainsi certains placers mal surveillés. Il a été en usage aussi en Nouvelle-Zélande.

On en a fait récemment un appareil parfaitement bien adapté aux besoins de la grande industrie. On construit actuellement un modèle de prospection, où la pelle est remplacée par une chaîne, portant des godets en acier doux, à lèvres coupantes ; les graviers y sont classés par une grille et les stériles évacués par un conduit spécial, placé à l'arrière ; les sables déposent leur or sur un véritable long-tom, enfin, le lavage est assuré par une pompe à chapelet, démontable, que manœuvre un seul homme. L'équipe est réduite à 6 hommes.

Le prix de cette petite drague ne dépasse point 5000 francs, et sa partie métallique, la seule qu'il y ait lieu de transporter, ne pèse que 1500 kilogrammes, le poids maximum des pièces étant de 45 kilogrammes.

En principe, les grandes dragues d'exploitation ne sont point autrement construites. La coque est formée par deux pontons parallèles, de faible hauteur, tenus à une distance suffisant au passage de la chaîne à godets et des bâtis la supportant. Cette forme assure le maximum de stabilité, aussi bien latérale que longitudinale, et ne nécessite qu'un faible tirant d'eau.

L'alluvion est extraite par une chaîne à godets et, tout d'abord, débarrassée de ses cailloux stériles par une grille, puis jetée dans une sorte de cuve où elle se débourbe sous l'action de jets d'eau puissants ; l'or tombe au fond de cette cuve avec le sable fin et le mélange passe par des trous, d'environ 15 millimètres de diamètre, dans un sluice approprié.

Une drague de 22 mètres de longueur totale, ainsi con-

struite, est capable de laver 50 mètres cubes de gravier à l'heure.

L'un des plus grands soucis des directeurs de dragage est l'évacuation des sables dont on a retiré l'or. C'est l'une des plus grandes difficultés de l'exploitation intensive des alluvions. Il faut, en effet, dans le cas présent, rejeter ces matières à une distance telle de la drague que l'ensablement de l'appareil soit évité, quelles que soient les positions d'attaque, fort variées, qu'il ait à prendre.

Dans l'exploitation des lits de rivière, on parvient à ce résultat en déplaçant la drague contrairement au sens du courant et en abandonnant les stériles vers l'aval : le courant se charge de les emmener, ou, tout au moins, fait qu'ils restent en place et n'entravent point les travaux postérieurs. Il n'en est plus de même quand la drague exploite un placer ordinaire arrosé par un simple ruisseau ou quand on entaille les berges pour exploiter l'alluvion placée en sous-sol. En raison du foisonnement des terres, qui font que le volume de celles-ci s'accroît de 30, 50 pour cent et plus, par leur simple lavage, des précautions spéciales doivent être prises : notamment, la drague doit pouvoir rejeter les sables par l'arrière à une hauteur telle qu'elle les accumule à un niveau supérieur à celui du terrain qu'elle attaque.

On y parvient en roulant les sables sur une sorte de plan incliné mesurant environ la moitié de la longueur de la drague entière et placé à l'arrière de celle-ci. C'est en cela que l'aspect des dragues à or diffère de celui des dragues ordinaires

Le personnel nécessaire à la manœuvre d'une drague, lavant 50 mètres cubes de graviers à l'heure, se compose d'un chef de manœuvre, d'un mécanicien attaché à la machine motrice, d'un chauffeur s'occupant de la chaudière, d'un manœuvre, d'un ouvrier laveur, soit 5 hommes, au lieu des 6 que nécessite la conduite d'une petite drague de prospection. C'est une des bizarreries de la grande

industrie, qui, là comme ailleurs, tend à réduire la main-d'œuvre à un minimum. Il est vrai que le coût d'une grande drague s'élève à 3 ou 400 000 francs, somme dont l'amortissement équivaut au salaire des ouvriers nécessaires à en assurer le service.

Les dragues, comme tous les appareils de la grande industrie, permettent l'exploitation rémunératrice d'alluvions pauvres, c'est-à-dire ne renfermant que quelques centimes d'or au mètre cube, cela grâce à l'énorme volume de sable, 2 à 300 000 mètres cubes pour une drague, qu'elles permettent de traiter chaque année.

A ce type d'appareil se rattachent les excavateurs, qui n'en diffèrent guère que par leur but : l'attaque des alluvions sèches et non plus immergées. Les excavateurs sont dès lors montés sur roues et peuvent se déplacer sur des rails. Un excavateur moyen pèse 80 tonnes et revient à 120 000 francs.

Quels que soient les résultats que la grande industrie ait obtenus des dragues et des excavateurs, ceux-ci n'ont point suffi à son activité.

En dehors des placers exploitables par les méthodes que nous avons exposées, il en est qui nécessitent le remaniement de cubes de terrains énormes, de véritables montagnes, ce que ne pouvaient faire les dragues les plus puissantes.

Partant de ce principe, qu'un simple appareil d'arrosage, formé par un tonneau, élevé de quelques mètres au-dessus du sol, et par une manche d'arrosage que termine une lance en fer blanc, parvenait à déliter les alluvions, à rejeter les sables et à concentrer l'or, les Américains imaginèrent de construire des appareils analogues, mais de dimensions colossales, où le tonneau était remplacé par un réservoir immense, le tuyau par des conduites gigantesques, la lance par des ajutages puissants, capables

de diriger, sous de hautes pressions, des jets d'une masse et d'une force telles que l'esprit en est confondu.

Le tableau que voici donnera une idée des installations de ce genre faites en Californie :

PROPRIÉTAIRES	CAPACITÉS TOTALES EN MÈTRES CUBES	SUPERFICIE DES RÉSERVOIRS EN HECTARES	HAUTEURS MAXIMUM DES DIGUES EN MÈTRES	LONGUEURS MAXIMUM DES DIGUES EN MÈTRES	COUTS TOTAUX EN FRANCS
North Bloomfield C°	29 500 000	27,69	30,48	129,20	1 233 333
Eureka Lake C°	20 267 880	21,44	20,73	76,00	213 000
Milton C°	18 265 000	16,36	33,82	100,82	773 000
South Yuba C°	34 772 457	59,06	22,80	197,60	»
Blue Tenh C°	8 430 000	»	»	»	»
California C°	16 860 000	»	»	»	»
Eldorado	30 067 000	»	»	»	833 330
Spring Valley	»	»	37,13	389,12	»
Tuolumne	»	»	18,24	91,20	2 000 000

De tels réservoirs, nécessités par l'irrégularité du régime des eaux californiennes, région où seules les retenues provenant de la fonte des neiges sont capables d'assurer le travail d'été, sont tout simplement obtenus par le barrage de vallées. Les points choisis sont naturellement ceux où les vallées se resserrent et présentent des contreforts rocheux solides. Les matériaux employés varient avec les ressources locales ; parfois des blocs de granit, enchevêtrés sans mortier, sortes de murs colossaux en pierres sèches, forment la face antérieure de la construction, qui est ensuite revêtue de terre pilonnée ; alors la surface en contact avec l'eau est recouverte de planches, clouées sur des poutres horizontales et calfeutrées. Parfois encore, les barrages sont entièrement en bois, rocailles

et terres, le cadre étant constitué par des troncs d'arbre posés horizontalement les uns sur les autres ; les troncs de la première conche sont placés dans le sens du courant, ceux de la seconde perpendiculairement, ceux de la troisième dans le sens encore du courant, et ainsi de suite ; tous sont réunis par des pièces de fer.

Le barrage est toujours traversé par une prise d'eau, située un peu au-dessus du fond et construite avec des dalles de granit ; l'admission de l'eau y est commandée par des vannes.

Ces constructions gigantesques présentent une solidité telle que les crues envoyant 500 mètres cubes d'eau par seconde au-dessus de leur crête ne peuvent les ébranler.

La conduite des eaux se fait au moyen de fossés ou canaux, suivant, en général, les flancs de quelque vallée, et mesurant 2 à 3 mètres de largeur au plan d'eau, 1 à 2 mètres à la partie inférieure, $0^m,75$ à $1^m,50$ enfin de profondeur.

Dans des travaux aussi grandioses, tous les détails, si minces soient-ils, ont leur importance : c'est ainsi qu'on préfère un canal profond mais étroit à un canal large, mais peu profond, car, dans ce dernier, l'évaporation de l'eau se montre sensible.

Enfin, on se débarrasse des feuilles mortes et des glaces, qui pourraient obstruer le canal, en assurant par une forte pente, 2 à 4 millimètres par mètre, un écoulement rapide des eaux.

Le canal est creusé à même le sol, si celui-ci est consistant ; sinon, on le construit en pierres sèches, dont les vides sont comblés à l'aide de terre pilonnée ; dans les régions rocheuses, on le fait en bois et on le soutient alors à l'aide de chevalets. C'est sous cette dernière forme qu'on lui fait parfois traverser de larges vallées. Le Magenta Flume, en Nevada, est un modèle du genre. C'est un aqueduc véritable, supporté par des bâtis en bois d'une légèreté inouïe, et garanti du vent par des haubans

formés de simples fils de fer, qui viennent se rattacher au sol. A dessein, on l'a construit suivant un tracé sinueux : sa résistance au vent s'en trouve accrue.

Dans le Bracket Flume, en Californie, on a dû accrocher le canal à une falaise à pic, de plusieurs centaines de mètres d'élévation, au moyen de tiges et de crampons en fer.

L'emploi de tuyaux en tôle donne d'excellents résultats, et peu à peu ceux-ci se substituent aux canaux ordinaires ; ils ont d'ailleurs été souvent employés autrefois, sous forme de siphons, pour la traversée des rivières. Ces tuyaux sont ordinairement employés par morceaux de 5 à 7 mètres et rivés à leurs extrémités sur un manchon en fer ; leur diamètre atteint et dépasse 1 mètre ; enfin, ils sont pourvus d'appareils de sûreté, tels que valves et soupapes à flotteurs, destinés à prévenir l'action destructrice des vides et des coups de bélier.

Pour le Milton Ditch, de 23 kilomètres de longueur, le creusement du canal est revenu à 402 000 francs, la fondation des 9 kilomètres de conduites à 95 000 francs, leur construction à 298 000 francs, les frais généraux à 59 000 francs, les indemnités à 8000 francs, soit au total plus de 860 000 francs, ce qui donne 16 fr. 90 pour le coût du mètre de canal et 45 fr. 24 pour celui du mètre de conduite.

Sept canaux californiens destinés à des exploitations aurifères dépassent 100 kilomètres ; ce sont ceux de la Milton C°, 135 kilomètres, du South Yuba, 198 kilomètres, de l'Excelsior C°, 101 kilomètres, de la Tuolumne C°, 201 kilomètres, de la California C°, 402 kilomètres ; mais le plus gigantesque est le Parc Canal, qui compte 407 kilomètres et qui a coûté dix millions de francs, soit 21 431 francs par kilomètre. Le moindre prix par kilomètre courant, soit 7458 francs, a été atteint dans le canal de la California C° ; le prix le plus élevé, 69 919 francs, se trouve être celui du canal de la com-

pagnie La Grange, qui, avec ses 32 kilomètres, a coûté aussi cher que le canal de la Milton C°.

Le plus fort débit, 1019 mètres cubes par minute, est celui du South Yuba Canal.

Le plus souvent, l'eau est fournie aux mines par des compagnies spéciales ou par des compagnies mixtes, à raison de fr. 0,65 à fr. 1,25 la journée pour chaque litre débité en une seconde ; ainsi un canal débitant 10 mètres cubes à la seconde se louerait 120 000 × 0,65, soit 78 000 francs au moins par jour ; ces prix sont à ce point rémunérateurs que certaines compagnies minières ont abondonné leurs propres exploitations pour vendre leur eau.

Quels que soient les moyens employés pour recueillir et amener les eaux sur les chantiers, une énorme pression est nécessaire à l'extrémité de la conduite d'adduction ; aussi les canaux débouchent-ils à une hauteur considérable au-dessus du point d'attaque, hauteur qui atteint parfois 100 mètres ; là, l'eau s'engouffre dans une dernière conduite en tôle, fortement inclinée, par l'intermédiaire d'une boîte carrée en bois solidement construite et pourvue d'une grille, destinée à arrêter les matières flottantes, et aussi d'un déversoir, donnant passage à l'eau en excès.

La conduite se termine en bas par une boîte carrée en fonte, munie de valves, où viennent s'embrancher les tuyaux de distribution de l'eau sur le chantier ; ces tuyaux se terminent eux-mêmes par des *ajutages* d'environ $0^m,20$ de diamètre.

Le débit de ces ajutages varie de 27 à 40 mètres cubes par seconde et la vitesse du jet atteint parfois *cinquante mètres par seconde*, tandis que la portée utile du jet est voisine de 60 mètres.

On conçoit l'action que de tels jets peuvent avoir sur les masses d'alluvions. Celles-ci fondent littéralement à vue d'œil, et des collines véritables disparaissent en

quelques heures. Ils coupent aisément les terrains les plus compacts, les transforment en torrents de boue et les entraînent dans d'immenses sluices disposés à cet effet, tandis que les dispositifs spéciaux, grues, grizzlies, under-currents, sont ménagés à l'effet d'enlever les gros blocs de rocher.

Enfin, l'efficacité du torrent est encore aidée par de gigantesques coups de mines, dont le chargement peut atteindre 1500 à 2000 barils de poudre pour chacun.

Les eaux et les graviers s'écoulent par un tunnel, comprenant à son intérieur les sluices, qui est creusé dans la partie inférieure de la couche aurifère. Les tunnels ont généralement $2^{m},30$ de large sur $2^{m},65$ de haut et aboutissent à des vallées placées en contre-bas ; leurs longueurs varient avec la topographie du terrain ; la longueur de certains tunnels est réduite à 50 mètres ; pour d'autres elle atteint plusieurs kilomètres ; ceux-ci nécessitent des ventilateurs ou des puits d'aérage. Le tunnel de la French Corral Mine a 1250 mètres de longueur ; son prix de revient s'est élevé à 825 000 francs ; pour l'American Mine et la North Bloomfield Mine, les tunnels, qui mesurent respectivement 1300 et 2700 mètres, ont coûté 700 000 francs et 2 500 000 fr.

La limite inférieure du prix de revient de ces exploitations est si faible qu'on a pu exploiter ainsi, et avec un certain bénéfice, des alluvions contenant fr. 0,175 seulement par mètre cube.

Malheureusement, il est rare que les énormes cubes d'alluvions délités ne viennent point à descendre dans les parties basses des vallées exploitées, à combler les lits des rivières, à susciter en fin de compte des inondations qui ruinent les travaux agricoles.

C'est ainsi que la rivière Tuolumne qui, avant de recevoir les débris d'exploitations hydrauliques, mesurait 170 mètres de largeur et $4^{m},50$ de profondeur, eut son lit comblé en vingt et un mois ; partiellement nettoyée

par les crues printanières des deux années suivantes, elle était réduite, quatre ans plus tard, à une largeur de 10 mètres et à une profondeur de $0^m,30$. Dès cette époque, les eaux commencèrent à se répandre dans la vallée et à submerger les récoltes lors des crues.

Ces funestes effets atteignirent leur maximum d'intensité dans les comtés de Butte et de Mariposa. Les désastres furent tels que les populations agricoles s'insurgèrent et qu'une commission officielle, nommée par le pouvoir fédéral, en vint à prescrire de replacer les alluvions dans les situations qu'elles occupaient avant leurs exploitations.

Les mines qui peuvent se soumettre à cette condition sont en nombre si restreint que la méthode hydraulique s'est trouvée, du coup, arrêtée et ses 4000 kilomètres de canaux rendus inutiles, cependant que les 750 millions de francs qu'elle avait absorbés devenaient improductifs.

En présence des résultats grandioses de cette industrie, des 1375 millions de mètres cubes d'alluvions prêts aujourd'hui à être traités, on ne peut que souhaiter une entente entre les 130 000 mineurs et les 260 000 ouvriers agricoles actuellement en conflit.

II

LES FILONS AURIFÈRES

Les sables aurifères sont des roches aurifères désagrégées. Malgré le peu de rareté relative de ces sables, on peut dire que l'état normal de l'or natif est plutôt d'être mêlé, sous forme de filons ou d'amas, à des quartz compacts et de s'y trouver en compagnie de minéraux très divers.

Le traitement des sables repose sur un principe fort simple : le lavage. Au contraire, l'exploitation des filons

nécessite un broyage, suivi d'une opération analogue au lavage des sables et destinée à séparer l'or de sa gangue, réduite en poudre. Pour nombre de minerais, cette opération consiste à dissoudre l'or dans le mercure et à l'extraire ensuite de celui-ci. Pour d'autres, où le mercure se trouve être sans action, le chlore ou le cyanure de potassium lui doivent être substitués.

Quoi qu'il soit de ces diverses méthodes, le broyage leur est commun et il est produit par des appareils qui se réfèrent à trois types : les *concasseurs*, les *broyeurs*, les *finisseurs*, et, parmi ceux-ci, les célèbres *tube-mills*.

Les *concasseurs* sont des appareils à mâchoires, qui reçoivent les gros blocs extraits de la mine et qui les réduisent en morceaux de 15 à 50 millimètres.

Les plus employés sont les *Blake*, où la mâchoire mobile est suspendue par sa partie supérieure, et les *Dodge*, dont la mâchoire mobile tourne autour d'un axe, placé à sa partie inférieure.

Dans l'un et dans l'autre, le concassage s'effectue entre deux joues en acier à surface striée, particularité qui évite les glissements. Le mouvement alternatif de la mâchoire mobile s'obtient par le jeu d'un excentrique.

Ces appareils sont fort massifs et leur poids varie, suivant les modèles, de 73 kilogr. à 27 000 kilogr. Les plus puissants peuvent broyer 25 tonnes de minerai par heure; ils exigent l'action d'une machine à vapeur de 40 chevaux et débitent des blocs de 75 centimètres de diamètre.

On leur préfère quelquefois le *Gyratory Cruscher*, sorte de gros moulin à noix, analogue aux moulins à café. Le grand modèle, mû par une machine de 125 à 175 chevaux, broie 300 à 500 tonnes par heure de blocs mesurant $1^{m},20$ sur $0^{m},50$.

Au sortir des concasseurs, le minerai, réduit en morceaux de 5 centimètres environ, passe dans un broyeur proprement dit, broyeur à pilons, broyeur à écrasement,

moulin à boulets, qui peuvent indifféremment travailler soit à sec, soit avec une circulation d'eau entraînant les poussières obtenues. Ce dernier mode est, en général, préférable.

Ces appareils effectuent eux-mêmes le tamisage nécessaire et retiennent automatiquement les morceaux de minerai qui ne sont point réduits à la dimension voulue.

Les broyeurs à pilons ont pour type le *moulin californien à bocards*. C'est le broyeur le plus répandu. Il broie à l'aide de pilons, composés chacun d'une tige ou flèche, d'un taquet, d'une tête et d'un sabot, travaillant sur un dé, dans un mortier, et soulevés chacun aussi par une came. L'ensemble de plusieurs pilons forme une batterie.

Le poids de chaque pilon varie de 150 à 675 kilogr., leur nombre pour chaque appareil est de 3 à 10, la force motrice nécessaire à l'action d'une batterie de 2 à 50 chevaux, la production par heure de 100 à 2400 kilogr. ; le poids d'un appareil à pilons complet peut atteindre près de 75 tonnes et n'est jamais inférieur à 10 tonnes ; enfin tous donnent de 80 à 90 coups de pilon par minute. Ces broyeurs réduisent le minerai en grains d'environ 1 millimètre de côté.

Il est de toute importance de les asseoir sur des fondations d'une solidité exceptionnelle, sans quoi les chocs répétés des pilons disloquent promptement les bâtis, ce qui amène la rupture des flèches.

Les mortiers sont en fonte. Au contraire, les dés dont on en garnit le fond sont en acier forgé, ainsi que les sabots qui viennent frapper sur les dés, ou plutôt sur les blocs interposés entre eux-mêmes et les dés. En trois mois, un dé de 26 centimètres de hauteur, ayant travaillé sans interruption, est réduit à 3 centimètres et, par le fait, mis hors d'usage ; il en est de même des sabots. On compte ainsi que le broyage d'une tonne de minerai consomme un peu plus de 300 grammes d'acier.

Le broyeur à pilons est remplacé dans nombre d'ex-

ploitations par le *moulin chilien*, qui, procédant par écrasement, se compose essentiellement d'une aire circulaire, garnie d'une sole métallique en fonte ou en acier, sur laquelle roulent une ou plusieurs grosses meules à axe horizontal. Ces moulins sont surtout employés dans la région de l'Oural, tandis que les broyeurs à pilons le sont exclusivement au Transvaal. Un moulin à trois meules, pesant chacune 3500 kilogrammes, peut broyer 7 à 10 tonnes de minerai en 24 heures. A ces moulins on peut rattacher les cylindres broyeurs où le minerai, passant entre deux rouleaux massifs, se réduit par là-même en poussière. Deux paires de cylindres peuvent aisément broyer 150 tonnes de minerai dur en 24 heures.

Tout différents sont les moulins à boulets, instruments récents dont l'industrie de l'or tire actuellement un excellent parti.

Ces broyeurs sont formés d'un tambour cylindrique, où des boulets en acier forgé sont en contact avec le minerai. Au repos, le minerai et les boulets remplissent la moitié inférieure du tambour. A la vitesse de 40 tours par minute, la force centrifuge répartit également le minerai et les boulets dans l'intérieur du tambour et les déplacements imprimés aux boulets font qu'ils broient peu à peu la masse en contact avec eux.

Le diamètre des tambours varie de $1^m,36$ à $2^m,75$, leur largeur de $0^m,77$ à $1^m,57$, le nombre de tours par minute de 18 à 35, le poids d'un jeu de boulets de 200 à 1400 kilogrammes, la force motrice nécessaire à la marche d'un tambour de 2 à 30 chevaux, le débit par heure de 200 à 1600 kilogrammes.

L'enveloppe des cylindres est formée par des plaques d'acier, disposées parallèlement à leur axe ; trois de celles-ci sont soulevées automatiquement pendant la rotation par des griffes fixes, ce qui permet et l'entrée et l'évacuation du minerai.

L'or des minerais pulvérisés dans les broyeurs à pilons, dans les moulins californiens, dans les cylindres à boulets, est souvent recueilli de suite au moyen du mercure. C'est ainsi que, dans les broyeurs, des plaques amalgamées intérieures, extérieures et aussi du mercure versé à la main se chargent de cette opération. Cela exige que dans ces divers appareils le broyage soit poussé fort loin.

Cependant les broyeurs dont nous venons de parler conviennent mal à réduire le minerai en poudre très fine, comme il est nécessaire ; leur véritable destination est plutôt de l'amener à l'état de grains mesurant 3 millimètres environ. Aussi bien, la grande industrie traite ces grains par des appareils spéciaux : les *finisseurs*, qui appartiennent à deux catégories bien distinctes : les finisseurs qui ont recours à la force centrifuge et les *tube-mills* ou *flint-mills*, tout à fait semblables aux broyeurs à boulets.

Ces derniers appareils ont acquis une telle célébrité qu'il ne sera pas inutile de les décrire ici avec soin.

On sait depuis fort longtemps que des corps durs, placés dans un cylindre fermé et soumis à un mouvement de rotation, se réduisent en poudre, tant par leur frottement entre eux que par frottement sur les parois du cylindre. C'est ainsi qu'on pulvérisait autrefois les racines d'iris dans des cylindres ; ceux-ci étaient en tôle émaillée, la poudre obtenue ne pouvant supporter le contact du fer.

Plus tard, on s'aperçut que la rapidité du broyage était considérablement augmentée, quand on introduisait dans l'appareil, avec les corps à traiter, des boulets faits d'une matière dure, rapidité qui s'accroissait encore quand ces boulets étaient de diamètres différents, les plus petits d'entre eux venant s'intercaler entre les plus gros et la surface de frottement s'en trouvant accrue.

Lorsque le cylindre tourne, les boulets sont relevés jusqu'à une certaine hauteur, puis retombent à la surface de la masse et broient les matières qui se trouvent en

recevoir le choc. C'est le principe du broyeur à boulets, c'est aussi le principe du *tube-mill*.

L'expérience a montré qu'il est nécessaire d'opérer dans un cylindre non pas fermé, mais permettant la circulation continue des matières, et d'augmenter le nombre des boulets au fur et à mesure que le broyage s'accomplit.

Ces conditions sont réalisées dans le *tube-mill ;* les matières à broyer, introduites par la partie centrale d'une des extrémités, sortent librement par l'autre extrémité, à travers des ouvertures convenables, ménagées à la périphérie ; cela fait que le volume des matières à broyer diminue automatiquement de manière constante d'une extrémité à l'autre du cylindre, tandis que les boulets, agissant sur la matière fine en train de s'écouler, se trouvent être répartis uniformément dans toute la masse, d'où le résultat demandé.

Ajoutons que les boulets sont ici des galets de quartz, provenant du Groënland.

Les tube-mills exigent une force motrice importante. Un appareil moyen de $1^{m},20$ de diamètre intérieur, de 5 mètres de longueur, contenant 5 tonnes de galets et réduisant par heure 3000 kilogrammes de minerai en grains de $1^{mm},5$ au diamètre de $0^{mm},1$, exige un moteur de 30 à 35 chevaux. Le prix d'un semblable tube-mill s'élève à 25 000 francs.

Ces machines donnent d'excellents résultats ; l'adjonction de l'une d'entre elles à un pilon de 25 têtes, dont elle finit le travail, double la production de celui-ci.

C'est à tort cependant qu'on a regardé leur introduction au Transvaal comme le signal d'une révolution dans l'industrie de l'or. C'est un perfectionnement, sans plus, aux méthodes usitées jusqu'alors.

L'or des minerais broyés est amalgamé au moyen de plaques de cuivre recouvertes de mercure et placées soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des moulins. Pour certains minerais, il est nécessaire en outre de concentrer l'or

ayant échappé à l'action de ces plaques et qui se trouve disséminé dans la masse déjà broyée. C'est le cas sur tout des minerais sulfureux sur lesquels le mercure n'a pas d'action. On y arrive au moyen des *concentrateurs*.

Dans certains de ces appareils, on utilise les densités relatives des particules, pour obtenir une séparation à l'aide de secousses sur un plan incliné où coule une nappe d'eau. Dans d'autres, on fait effectuer le dépôt des particules aurifères, mélangées à l'eau et aux matières étrangères, sur une surface inclinée immobile, tandis que les matières étrangères sont entraînées par un faible courant d'eau.

La question du traitement des dépôts aurifères effectués dans les concentrateurs a une importance telle qu'il nous la faut traiter spécialement.

Je vais donc clore ici la question du broyage. Pour conclure, je citerai quelques chiffres, montrant ce que peut être son importance économique.

M. Levat estime que le broyeur de 20 pilons est le type minimum à employer dans une exploitation moyenne. Pour ce type de broyeur, 300 000 litres d'eau à mélanger aux matières à pulvériser sont nécessaires pour chaque journée de 24 heures de travail. Les pilons les meilleurs pèsent 450 kilogrammes chacun, ont une course de 17 centimètres et frappent 90 coups par minute. Le concasseur doit broyer 6 tonnes à l'heure et réduire le minerai en grains de 35 millimètres ; 15 chevaux lui sont nécessaires, tandis que le moulin à pilons en absorbe 50, et les deux concentrateurs à ajouter, 1 à 2. Enfin, l'installation comporte 4 tables d'amalgamation, un classificateur hydraulique et un appareil à distiller l'amalgame de mercure. Le prix de revient total d'une usine de ce genre est d'environ 300 000 francs. Le prix du traitement varie de 1 à 25 francs par tonne de minerai, le chiffre de 10 francs devant être regardé comme une moyenne convenable.

Voici quelques données relatives à la mine *City and*

Suburban, qui peut être prise comme type moyen des exploitations sud-africaines :

ANNÉE	NOMBRE DE PILONS	TONNES BROYÉES	VALEUR DE L'OR (en Livres)	TENEUR Pr TONNE (en Schell.)	COUT Pr TONNE (en Schell.)	PROFIT Pr TONNE (en Schell.)	BÉNÉFICE NET (en Livres)
1894....	50 à 130	109.849	265.787	47/10	31/10	16/	88.527
1895....	120 à 170	196.040	396.695	40/5	28/6	11/11	117.255
1896....	120 à 160	262.850	584.019	37/10	26/4	11/6	116.997
1897....	160	226.865	495.008	43/6	24/	19/6	220.503
1898....	160	218.116	482.048	44/2	25/	19/2	208.925
1899 (9 mois)	160	175.076	440.918	50/4	25/9	24/7	215.509
1901....	55	46.564	129.886	56/	27/5	28/9	66.751
1902....	75	107.840	247.555	45/10	27/9	18/1	97.485
1903....	115	181.200	389.478	45/	21/1	22/11	196.869
1904....	160	257.700	455.849	34/8	20/6	14/2	197.559

Certains minerais sont, soit en partie, soit en totalité, rebelles à l'amalgamation. Leur traitement de début est analogue à celui qu'on applique aux minerais amalgamables : on les concasse, on les broie, on les concentre ; on fait alors agir non plus le mercure mais le *chlore*, les *cyanures* ou les *bromo-cyanures alcalins*, qui, les uns et les autres, ont la propriété de dissoudre l'or libre ou engagé dans des combinaisons chimiques diverses.

Les progrès extraordinaires réalisés récemment dans l'industrie de l'or, tiennent autant à la mise en œuvre de ces agents chimiques qu'à la découverte des mines du Transvaal C'est dire quelle est leur importance. Le simple exemple du minerai de *Mount-Morgan*, en Australie, montrera ce qu'ils peuvent donner. Sa richesse varie de 250 à 300 grammes d'or à la tonne. Malgré les plus minutieuses précautions, le mercure n'en retirait que 150 à 200 grammes de métal précieux, quand l'emploi du chlore vint donner toute satisfaction et porter la valeur de la mine à 400 millions de francs. Il est vrai qu'elle fut achetée 3200 francs seulement en 1873 ; encore son propriétaire n'avait-il fait connaître la présence de l'or sur ses terres qu'en échange de la quantité de whisky qu'il pourrait boire en un jour !

On sait depuis fort longtemps que l'or est soluble dans le chlore.

En 1879, Mears observa que certain minerai, grillé, puis introduit dans un tonneau tournant avec du chlore sous pression, était convenablement attaqué par ce gaz ; ce fut la première application industrielle de cette propriété du chlore. Peu après, Munktell imagina de mêler le minerai à de l'hypochlorite de chaux, dont le chlore était dégagé par un acide, et traita ainsi avec succès certains minerais de l'Oural. Mais, c'est à *Mount-Morgan*, dans le Queensland, que le procédé au chlore reçut les perfectionnements qui en ont fait un des plus puissants instruments propres à traiter les minerais aurifères non amalgamables.

Ici, le minerai, concassé, est broyé au moyen de cylindres, puis grillé à basse température, au rouge cerise, ce qui détruit les combinaisons organiques et chasse l'eau de cristallisation. On emploie à cet effet des fours à trois soles superposées, où le minerai est avancé mécaniquement par des râteaux. L'opération dure 3 heures ; puis, le minerai est déchargé, refroidi à l'air libre et introduit dans des barils, à raison de 400 litres d'eau, 20 kilogrammes d'acide sulfurique et 16 kilogrammes de chlorure de chaux.

Les douelles de ces barils sont en bois d'eucalyptus, les fonds en bois de fer. On leur donne $1^{m},05$ de diamètre intérieur et on les cercle de fer à l'extérieur ; l'intérieur est garni de feuilles de plomb, recouvertes elles-mêmes d'un garnissage en bois.

Après une heure et demie ou deux heures de rotation lente, 6 tours par minute, les barils sont ouverts et la pulpe jetée dans des bacs pourvus d'un lit de gravier, où on la laisse se clarifier ; la liqueur est portée ensuite dans des filtres à charbon de bois, substance qui possède la propriété d'en absorber l'or ; les charbons saturés sont incinérés et laissent enfin un résidu contenant 75 % d'or.

On peut se faire ainsi une idée du traitement général au chlore, qui, suivant la nature du minerai, varie quelque peu. En général, on précipite l'or de la solution retirée des bacs à l'aide de l'hydrogène sulfuré, obtenu en faisant réagir de l'acide sulfurique sur du sulfure de fer.

On opère, en général, sur 75 ou 100 tonnes de solution.

Les frais de ce traitement s'élèvent environ à 15 francs par tonne de minerai.

La chloruration est surtout appliquée aux minerais aurifères contenant des proportions importantes de bas métaux. Pour les autres minerais on lui a substitué avec avantage la *cyanuration*, qui, connue depuis longtemps, n'est entrée qu'en 1887 dans le domaine de l'industrie.

Ce procédé eut un succès considérable dans la mine *Robinson* au Transvaal ; il permit en effet de réaliser un bénéfice mensuel de 75 000 francs, pour une installation qui avait coûté précisément cette somme. Dès lors, sa fortune était faite et toutes les mines du Rand l'adoptèrent. On a calculé que six d'entre elles seulement seraient en état de distribuer des dividendes si la cyanuration ne leur prêtait point son concours.

Un point capital de cette méthode est qu'elle est sujette à des modifications aussi nombreuses que le sont les minerais. Cependant, on peut la résumer comme il suit.

Au Transvaal, après avoir retiré tout l'or amalgamable, on broie les résidus dans des *tube-mills* et on procède à leur concentration comme il a été dit. Puis, on traite séparément les sables fins et les poussières, les uns par une solution forte de cyanure de potassium, les autres par une solution faible, celle-ci employée en très grande quantité. L'or des solutions est ensuite précipité par la tournure de zinc.

En Amérique, le traitement par le cyanure est opéré après un broyage à 3 degrés suivi d'un grillage.

En Australie, à *Coolgardie* et à *Kalgoorlie*, on concasse, on broie, on grille le minerai, puis on le traite par le

mercure, ce qui en extrait le tiers de l'or contenu ; on conduit alors la pulpe dans des cuves de cyanuration, munies d'agitateurs, où on la laisse séjourner trois heures ; ensuite la pulpe est passée dans des filtres-presses ; les gâteaux obtenus sont traités à nouveau, et sous pression, par une solution de cyanure qui absorbe, ou peu s'en faut, les dernières traces d'or. A la compagnie *Great Boulder Perseverance*, le coût du traitement est de 36 francs par tonne de minerai ; on a ainsi extrait de cette mine pour plus de 18 millions de francs d'or en 1902.

Récemment, quelques sociétés ont substitué la *bromo-cyanuration* à la *cyanuration* simple ; ce procédé paraît être des plus intéressants, mais, il convient d'attendre, avant de se prononcer définitivement sur sa valeur.

L'extraction de l'or contenu dans la solution de cyanure de potassium a donné lieu à de nombreuses recherches. Le procédé au charbon de bois entraîne une consommation exagérée de cyanure et conduit à incinérer d'énormes quantités de ce corps, d'où risque de perte du métal précieux. Il est vrai que les lingots ainsi obtenus sont d'un titre élevé en or. L'aluminium est d'un prix trop élevé et ne peut pas être employé dans des solutions contenant de la chaux. Des méthodes électrolytiques ont été proposées, mais tendent à être abandonnées. Bref, l'emploi du zinc a été universellement adopté, malgré son inconvénient de donner des précipités à faible teneur d'or : 40 à 50 % seulement. Mais un progrès notable reste ici à réaliser. Ajoutons que, le cyanure de potassium étant un violent poison, son emploi doit être soumis à de grandes précautions ; même son antidote — mélange de sulfate ferreux, de potasse caustique, de magnésie en poudre — est d'ordinaire tenu en permanence à la disposition des ouvriers.

III

LES RÉGIONS AURIFÈRES

La production aurifère totale du monde entier s'est élevée en 1904 aux environs de 1823 millions de francs.

Les ÉTATS-UNIS comptent pour 440 millions dans ce chiffre énorme ; leur production en 1903 avait atteint 370 millions seulement. L'augmentation considérable, obtenue de l'année dernière à l'année précédente, tient aux mines du district de *Criple Creek* dans le *Colorado* et à celles de *Californie*, au développement aussi de l'industrie du dragage. Enfin des gisements d'or importants ont été découverts dans le bassin du *Tanana* en *Alaska*.

La production de l'Alaska en 1904 est évaluée à 45 millions, sur lesquels 25 millions ont été retirés des sables du *Cap Mome* et 15 millions de l'île de *Douglas ;* la mine Alaska Treadwell de cette dernière région traite annuellement 600 000 tonnes d'un minerai contenant seulement 10 francs d'or à la tonne ; ce sont les minerais les plus pauvres du monde entier ; les frais s'élèvent à 6 francs par tonne seulement et la mine paraît assurée d'un certain avenir. D'ailleurs, les exploitations de ces pays glacés prennent de jour en jour une plus grande extension, grâce à la construction de voies ferrées et de routes carrossables, à la sécurité aussi qu'y rencontrent aujourd'hui les prospecteurs.

Les perfectionnements récents apportés à la cyanuration ont considérablement amélioré le rendement des mines du *South Dakota* et en particulier de celle du *Homestake*, qui s'est élevé en 1904 à 25 millions de francs. C'est la mine d'or la plus importante du monde entier et en même temps l'une des plus pauvres pour la teneur des minerais, qui ne contiennent que 19 francs d'or à la tonne. Il est vrai que les frais ne s'élèvent qu'à

12 fr. 50. Elle traite actuellement 1 400 000 tonnes de minerai par an.

En *Nevada*, les opérations effectuées dans la région appelée *Goldfields* se sont améliorées par le fait qu'une voie ferrée a rendu plus aisées les communications locales.

Le *Montana*, le comté de *Fergus* présentent des signes certains d'amélioration.

En dernier lieu, le raffinage des immenses quantités de cuivre, tirées des mines des districts de *Butte* et de *Binham*, a produit encore une somme considérable de métal précieux.

L'AUSTRALASIE a vu sa production passer de 410 millions en 1903 à 450 millions en 1904 ; elle est actuellement le plus gros fournisseur d'or du monde entier. Les mines les plus importantes de cette région sont situées dans le district de Kalgoorlie ; elles sont au nombre de 16. Certaines mines australiennes ont fait des sondages à une grande profondeur, 4000 pieds et plus, sans arriver à des résultats favorables. Cependant un sondage au diamant, poussé jusqu'à 1900 pieds, dans la mine de *Great Boulder* a donné pleine satisfaction.

Six mines de l'*Australie occidentale* peuvent prétendre à un rang élevé dans l'échelle des grands centres producteurs : *Boulder Perseverance*, *Golden Horseshoe*, *Great Fingall*, *Great Boulder*, *Ivanhoe*, *Oroya Brownhill*. Elles sont bien conduites, et possèdent des réserves qui leur assurent une marche régulière, sur leur pied actuel de production, pendant plusieurs années.

Dans la *Nouvelle-Galles du Sud*, les exploitations cuprifères ont donné une notable quantité d'or. La mine *Waihi* a donné 16 millions de francs d'or. Elle possède actuellement 320 pilons et peut broyer 300 000 tonnes de minerai par an.

Le dragage s'est considérablement développé dans le sud de la *Nouvelle-Zélande*, où 160 dragues, actuellement en service, ont extrait des sables 50 millions de francs de

précieux métal ; il donne aussi de bons résultats dans la *Nouvelle-Galles du Sud* et en *Victoria*.

L'Ouest Africain, Gold Coast et Côte d'Ivoire, se tient au chiffre de 6 à 7 millions, en raison des abus dus à la spéculation. En *Égypte*, les résultats encourageants donnés par la mine *Um Rus*, du Soudan, a activé les recherches de districts aurifères et l'installation des exploitations projetées. En *Rhodesia*, les 25 millions d'or extraits en 1904 font entrevoir un avenir heureux.

En Asie, les placers de l'Oural s'épuisent de plus en plus, et les principaux centres de production sibériens sont ceux de l'*Amour*, de la *Léna*, de la *Transbaïkalie*. Les dragages se développent dans les régions de l'*Yénéssei*, de l'*Altaï* et des monts *Oural*. Les exploitations *coréennes* ont été arrêtées du fait de la guerre russo-japonaise, mais d'importantes découvertes ont été faites au *Japon*. Il est vraisemblable que l'exploitation de ces mines aidera à l'extension industrielle qui se prépare en ce pays, chargé, comme on le sait, d'une dette énorme, 4650 millions de francs environ, relativement à la pénurie de ses ressources financières. La production de *Sumatra* est en voie de prospérité, tandis que les mines de *Bornéo*, des *Célèbes* et de la *Nouvelle-Guinée* n'ont pas répondu aux espérances qu'elles avaient fait naître.

Aux *Indes anglaises*, les deux principales mines sont la *Champion Reef* et la *Mysor* ; elles paraissent avoir atteint leur période de production maxima ; leurs réserves de minerais s'épuisent.

La production d'or du Canada est localisée dans les placers des régions glaciales du nord-ouest et dépasse 50 millions de francs. La production s'y maintient à peu près constante, car l'épuisement des placers riches, qui en ont fait la réputation, est compensée par la mise au jour et l'exploitation de placers pauvres, et qui cependant sont rémunérateurs.

Au Mexique, l'industrie minière est en grand progrès.

Le principal centre de la production aurifère du pays est le district d'*El Oro*, à 90 milles de Mexico ; on y rencontre des mines, placées dans d'excellentes conditions et appelées à un grand avenir.

La production d'or des GUYANES, et surtout de la *Guyane française*, est en voie d'accroissement. Plus de 40 millions de francs d'or ont été extraits de la région de l'*Inini*, à 250 kilomètres dans l'intérieur, depuis sa découverte. L'ouverture du riche filon d'Adieu-Vat, dans la commune de Sinnamary, paraît devoir être le prélude d'un développement minier actif. Actuellement la production annuelle de la Guyane française est de 12 à 15 millions.

Le TRANSVAAL, où les capitalistes européens ont de si grands intérêts, mérite une attention particulière. Sa production en 1904 a atteint près de 400 millions de francs et a fini sous des auspices favorables.

L'introduction de la main-d'œuvre jaune a été un succès économique certain ; celle-ci suffit à assurer l'exploitation des mines existantes et la reconstitution des travaux abandonnés lors de la guerre ; elle permettra d'accroître la production dans une mesure notable. Le recrutement des Cafres est aussi devenu plus facile. On avait vu jusqu'à ces derniers temps ce phénomène d'une douzaine de grandes mines d'or du Transvaal, travaillant seulement à moitié de leur production totale, par suite du manque de bras. Cette situation a complètement changé depuis l'introduction de la main-d'œuvre jaune, et ces mines reprennent, dans l'ordre de production du monde entier, le rang qui leur est dû.

Parmi les quarante-trois principales mines du Rand, l'*Angels Gold*, la *City and Suburban*, la *Bonanza*, la *Crown Reef*, la *Crown Deep*, la *Driefontein*, la *Ferreira Gold*, la *Ferreira Deep*, la *Geldenhuis Estate*, la *Geldenhuis Deep*, l'*Henry Nourse*, la *May Consolidated*, la *New Primrose*, la *Robinson Gold*, la *Robinson Central Deep*, la *Robinson Deep*,

la *Rose Deep*, la *Simmer and Jack*, la *Village Main Reef*, la *Van Ryn* ont donné dans les premiers mois de 1905 les plus forts bénéfices.

La mine Ferreira Deep, qui en 1903 occupait le vingt-deuxième rang, est depuis lors passée au premier.

Parmi les dix-sept plus grandes mines du Transvaal, dix appartiennent à la classe des mines travaillant sur les affleurements, sept à la classe des mines travaillant les couches profondes.

La production totale de janvier dernier a atteint 39 600 000 francs.

Le prix moyen de revient actuel du traitement est de 48 francs par tonne ; on compte le voir tomber à 38 francs dans un avenir prochain. Ces chiffres, beaucoup trop élevés, devraient être moitié moindres, et la production du Transvaal devrait dépasser 1200 millions de francs par an.

D'ici cinq à six ans, les mines *Roodeport*, *Wemmer*, *Gimberg*, *Geldenhuis Estate* et *Crown Reef* auront épuisé leurs bons minerais ; déjà les administrateurs de la *Wemmer* ont jugé à propos de ne pas déclarer de dividende pour la première moitié du présent exercice ; il est vrai que, pour un capital initial de 12 000 livres sterling, graduellement monté à 90 000, la *Wemmer* a distribué 839 180 livres de dividende. Les mines *Geldenhuis*, *Main Reef*, *Balmoral*, *Spes Bona*, *York* et *West Rand Central* seront elles-mêmes bientôt épuisées.

Toutes ces mines pourront alors exploiter certains minerais pauvres qu'elles négligent actuellement et qui sont connus sous le nom de *Main Reef*. Cependant leur faible teneur moyenne, 16 francs à la tonne, ne permet guère de compter sur des bénéfices importants, encore que la mine *Crown* ait réalisé de beaux bénéfices dans une exploitation de ce genre, et que la *Robinson Deep* se préoccupe actuellement d'exploiter le Main Reef.

Quelques mines auront épuisé bien plus tôt encore leur minerai : la *Bonanza*, dont les bénéfices baissent à vue

d'œil, et la *Jampers*, à la fin de 1905; le *Champ d'Or* et le *Jubilee* en 1906; le *Salisbury* et le *Durban Roodeport* en 1909.

A ce moment, il est à craindre qu'une sorte de panique ne s'empare des porteurs d'actions des autres mines et que des titres de valeur ne soient alors vendus à des prix très inférieurs à ceux qu'ils pourront valoir. Il y aurait intérêt, et pour les mines à long avenir et pour les autres, à fusionner. On éviterait ainsi des liquidations dangereuses.

Il n'est pas inutile de faire observer à ce propos que la baisse actuelle des actions minières du Transvaal (ces cours actuels sont les plus bas qui aient été enregistrés depuis la guerre) ne tient point à un défaut d'exploitation, à une diminution de rendement. Bien au contraire, les chiffres que nous avons cités montrent que l'exploitation a reconquis l'importance que la guerre lui avait fait perdre : et la coopération, qui se généralise, l'augmentation notable du nombre des tube-mills, tendent de plus en plus à augmenter la production.

La dépréciation des actions minières tient à ce fait que les capitalistes anglais, qui en détiennent la majeure partie, sont obérés, par suite des sacrifices que la guerre leur a coûtés, et qu'il leur faut se ménager des disponibilités ; la lecture des revues économiques qui se sont occupées de la question ne laisse aucun doute sur ce point.

On le voit, l'industrie de l'or est l'une des plus importantes du monde entier, tant par la nombreuse main-d'œuvre qu'elle occupe, que par les capitaux considérables qui y sont engagés et par le mouvement d'affaires énorme qu'elle entretient.

Ce n'est point cependant, nous l'avons vu, qu'elle soit d'ordinaire une source de fortunes faciles ; et peut-être est-ce ici le lieu de détruire d'un mot la légende des souterrains remplis d'or, qui tiennent une si grande place dans les contes anciens : les 1800 millions d'or actuelle-

ment extraits des mines du monde entier formeraient un cube de 3 mètres de côté seulement, occuperaient à peine une humble chambrette ; et tout l'or extrait du sol pendant la période de notre histoire ancienne et moderne ne remplirait certainement pas une salle mesurant 20 mètres de largeur, 30 mètres de longueur et 5 mètres de hauteur !

Nous sommes fort éloignés ici des cubes énormes de fer, de cuivre et même de plomb que l'industrie jette annuellement sur le marché. C'est donc à bon droit que l'or est dénommé métal précieux. Précieux, il l'est par sa rareté, par ses avantages économiques, qui en font l'étalon monétaire universel, par sa facilité au monnayage, par la beauté de son aspect. L'or est le roi des métaux, on l'a dit avec raison.

Vte R. DE MONTESSUS.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre XVI

LA DOCTRINE D'ALBERT DE SAXE ET LES GÉOSTATICIENS

1. *Comment s'est épurée la notion de centre de gravité L'influence de Képler*

Un système est en équilibre, lorsque tout changement de sa configuration ferait monter son centre de gravité. Ce principe est nettement formulé dans la lettre adressée, le 3 décembre 1639, par Galilée au P. Castelli ; il est non moins clairement énoncé dans la pièce sur la chute des graves, que Torricelli donna peu après. Toutefois, lorsque nous comparons les formes prises par ce même principe dans l'écrit de Galilée et dans celui de Torricelli, nous notons entre elles une différence essentielle.

Non seulement Galilée ne néglige pas, en principe, la convergence des verticales vers le centre de la Terre, mais encore la considération du point de convergence des verticales est un élément essentiel de ses déductions. Celles-ci gardent un reflet très net de cette doctrine, professée par Albert de Saxe et par maint scolastique, et à peine modifiée par Copernic : Un grave, qui est une

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, p. 463, avril 1904, p. 560, juillet 1904, p. 9, octobre 1904, p. 394, janvier 1905, p. 96, avril 1905, p. 462, juillet 1905, p. 115, et octobre 1905, p. 508.

partie de la Terre entière, a même nature que la Terre ; le centre de gravité de ce poids tend à s'unir à son semblable, qui est le centre de gravité de la Terre entière ; cette sympathie du semblable pour son semblable sauvegarde l'intégrité du globe.

Constamment, le langage de Galilée se conforme à cette doctrine. Après avoir défini le centre de gravité, il ajoute : « C'est aussi ce point qui tend à s'unir au centre du Monde, c'est-à-dire de la Terre, lorsque le corps peut tomber librement dans un milieu quelconque. » Il admet que « c'est ce centre de gravité, et ce centre seulement, qui tend à s'unir avec le centre commun ». A la fin de sa vie encore, au moment de donner de son principe un énoncé définitif, il parle du « centre commun vers lequel conspirent toutes les choses graves » ; il admet qu'un ensemble de graves « ne peut se mouvoir spontanément, si, par suite du mouvement pris, son propre centre de gravité ne gagne pas en voisinage par rapport au susdit centre commun ». Ce n'est pas, pour nos préjugés historiques modernes, un mince sujet d'étonnement que de voir Galilée faire reposer en entier sur la théorie scolastique d'Albert de Saxe le « théorème essentialissime », dont dépend la ruine de la Dynamique péripatéticienne.

Les raisonnements de Torricelli diffèrent profondément de ceux de Galilée ; non seulement Torricelli ne cherche plus à justifier son principe par la tendance qu'aurait le centre de gravité d'un ensemble de poids à se placer au centre des choses graves, mais encore il rejette résolument ce dernier point à l'infini, il traite les verticales comme parallèles entre elles. Les idées qu'il professe à cet égard sont des plus nettes.

« Voici, dit-il (1), une objection qui est des plus répandues auprès de très graves auteurs : Archimède a fait une hypothèse fausse en regardant comme parallèles entre

(1) Evangelistæ Torricellii *de dimensione parabolæ solidique hyperbolici problemata duo ;* ad lectorem proœmium, p. 9.

eux les fils qui soutiennent les deux poids pendus à une balance ; en réalité, les directions de ces deux fils concourent au centre de la Terre. »

Pour résoudre cette objection, Torricelli distingue nettement les machines concrètes, formées de corps pesants réels, sur lesquelles on expérimente, et les machines abstraites desquelles le géomètre raisonne ; c'est en celles-ci seulement que l'on peut considérer des surfaces pesantes sans épaisseur, des fils sans poids ; il est également permis d'y considérer les verticales comme des lignes parallèles. « Le fondement mécanique qu'Archimède a adopté (1), savoir, le parallélisme des fils de la balance, peut être réputé faux, lorsque les masses suspendues à la balance sont des masses physiques, réelles, tendant au centre de la Terre. Il n'est plus faux, lorsque ces masses (qu'elles soient abstraites ou concrètes) ne tendent point au centre de la Terre ni à quelque autre point voisin de la balance, mais vers quelque point infiniment éloigné.

» Toutefois, pour plus de brièveté et de facilité, nous ne nous écarterons pas du langage usuel ; ce point [infiniment éloigné] vers lequel tendent les masses suspendues à la balance, nous le nommerons encore *centre de la Terre*... »

Torricelli borne donc résolument le champ de ses déductions ; il le réduit à cette Mécanique abstraite où l'on traite la pesanteur comme ayant, en tout point, même intensité et même direction ; par là même, il transforme le principe entaché d'erreur qu'avait énoncé Galilée en un principe parfaitement correct. Quelles influences ont pu le déterminer à accomplir une telle transformation ?

Parmi ces influences, il convient de mentionner en premier lieu celle de Képler. L'opinion qui voit dans la gravité un désir de ce point mathématique, le centre de gravité du poids, à s'unir à un autre point mathématique,

(1) Evangelista Torricelli, *loc. cit.*, p. 11.

centre de l'Univers ou centre de la Terre, trouve en lui un adversaire convaincu. L'attraction mutuelle de *deux points mathématiques* lui paraît une pure fiction ; seuls, *deux corps* peuvent s'attirer ou se repousser l'un l'autre :

« L'action du feu, dit-il (1), consiste, non à gagner la surface qui termine le Monde, mais à fuir le centre ; non pas le centre de l'Univers, mais le centre de la Terre ; et ce centre non pas en tant que point, mais en tant qu'il est au milieu d'un corps, lequel corps est très opposé à la nature du feu, qui désire se dilater ; je dirai plus, la flamme ne fuit pas, mais elle est chassée par l'air plus lourd comme une vessie gonflée le serait par l'eau... Si l'on plaçait la Terre immobile en quelque lieu et qu'on en approchât une Terre plus grande, la première deviendrait grave par rapport à la seconde et serait attirée par elle comme la pierre est attirée par la Terre. La gravité n'est pas une action, c'est une passion de la pierre qui est tirée. »

« Un point mathématique (2), que ce soit le centre du Monde ou que ce soit un autre point, ne saurait mouvoir effectivement les graves ; il ne saurait non plus être l'objet vers lequel ils tendent. Que les physiciens prouvent donc qu'une telle force peut appartenir à un point, qui n'est pas un corps, et qui n'est conçu que d'une manière toute relative !

» Il est impossible que la forme substantielle de la pierre, mettant en mouvement le corps de cette pierre, cherche un point mathématique, le centre du Monde par exemple, sans souci du corps dans lequel se trouve ce point. Que les physiciens démontrent donc que les choses naturelles ont de la sympathie pour ce qui n'existe pas !

»... Voici la *vraie doctrine de la gravité :* La gravité

(1) Jo. Kepleri *littera ad Herwartum*, 28 mars 1605 (Joannis Kepleri astronomi *Opera omnia* edidit Ch. Frisch ; t. II, p. 87).

(2) Joannis Kepleri *De motibus stellæ Martis commentarii*, Pragæ, 1609 (Kepleri *Opera omnia*, t. III, p. 151).

est une affection corporelle mutuelle entre corps parents, qui tend à les unir et à les conjoindre ; la faculté magnétique est une propriété du même ordre ; c'est la Terre qui attire la pierre, bien plutôt que la pierre ne tend vers la Terre. Même si nous placions le centre de la Terre au centre du Monde, ce n'est pas vers ce centre du Monde que les graves se porteraient, mais vers le centre du corps rond auquel ils sont apparentés, c'est-à-dire vers le centre de la Terre. Aussi, en quelque lieu que l'on transporte la Terre, c'est toujours vers elle que les graves sont portés, grâce à la faculté qui l'anime. Si la Terre n'était point ronde, les graves ne seraient pas, de toute part, portés droitement au centre de la Terre ; mais, selon qu'ils viendraient d'une place ou d'une autre, ils se porteraient vers des points différents. Si, en un certain lieu du Monde, on plaçait deux pierres, proches l'une de l'autre et hors de la sphère de vertu de tout corps qui leur soit apparenté, ces pierres, à la manière de deux aimants, viendraient se joindre en un lieu intermédiaire, et les chemins qu'elles feraient pour se réjoindre seraient en raison inverse de leurs masses. »

On devine sans peine le rôle que de telles affirmations ont dû jouer en cette lente évolution qui a abouti à la doctrine de l'attraction universelle ; notre objet n'est point ici de retracer cette évolution (1). Il nous suffira d'avoir opposé la pensée de Képler, qui voit dans la pesanteur une attraction mutuelle entre le grave et chacune des parties du globe terrestre, à l'opinion d'Albert de Saxe, de Cardan, de Guido Ubaldo, de Galilée, opinion selon laquelle le centre de gravité d'un poids aspire à coïncider avec le centre commun des choses pesantes.

(1) Cf. : P. Duhem, *La théorie physique, son objet et sa structure* ; 2e partie. ch. VII, § 2, p. 364. Paris, 1905.

2. — *Comment s'est épurée la notion de centre de gravité* (suite) — *Les géostaticiens*

Les critiques de Képler contribuèrent peut-être moins à réfuter cette opinion que les graves erreurs auxquelles elle conduisit divers géomètres, et non des moindres.

Vers l'an 1635, Jean de Beaugrand allait en tous lieux, annonçant qu'il avait découvert la loi selon laquelle le poids d'un corps varie avec l'éloignement du centre de la Terre. Mersenne s'empressait d'insérer (1), en son *Harmonie universelle*, l'énoncé de la loi dont Beaugrand promettait la démonstration. Selon cette loi, « un corps pesant, par exemple une balle de plomb d'une livre, devient d'autant plus légère qu'elle s'approche du centre de la Terre ; et elle ne pèse plus rien lorsqu'elle se joint audit centre, comme conclud Monsieur de Beaugrand dans sa Géostatique, où il tient que la pesanteur de chaque corps se diminuë en mesme raison qu'il s'approche d'avantage du centre de la Terre, et que mesme toute la Terre ne pèse point ».

Mersenne ajoutait (2) : « J'espère que celuy qui en a le premier avancé la proposition nous donnera telle satisfaction sur ce sujet, que l'on n'y trouvera plus de difficulté, comme il le promet dans sa Géostatique ».

Mersenne n'était pas le seul géomètre qui souhaitât de connaître la démonstration promise par Beaugrand ; Fermat n'attendait pas avec moins d'impatience la publication de la *Géostatique* ; le 26 avril 1636, il écrivait (3) au savant religieux : « Vous m'obligeriez beaucoup de me faire savoir si M. de Beaugrand est à Paris. C'est un

(1) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne. *Seconde partie de l'Harmonie universelle*. Livre VIII, De l'utilité de l'harmonie et des autres parties des mathématiques. Proposition XVIII, p. 61. Paris, MDCXXXVII.

(2) Mersenne, *loc. cit.*, p. 63.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry. Tome II, *Correspondance*, p. 4.

homme duquel je fais une estime très singulière ; il a l'esprit merveilleusement inventif, et je crois que sa Géostatique sera quelque chose de fort excellent ».

La *Géostatique* annoncée depuis longtemps, ardemment désirée par les meilleurs géomètres du temps, parut enfin (1). Le désappointement dut être grand ; les raisonnements de Beaugrand ne valaient absolument rien.

Descartes (2) n'eut point de peine à démêler le vice essentiel qui faussait tout l'ouvrage ; les raisonnements d'Archimède touchant l'équilibre du levier ne sont vrais « qu'en cas qu'on suppose que les cors pesans tendent en bas par lignes parallèles et sans s'incliner vers un mesme point », et Jean de Beaugrand ne l'avait point compris ; à cette première erreur, d'autres paralogismes venaient se joindre, pour aboutir à la fameuse proposition que l'auteur avait pompeusement annoncée. Descartes, avec la rudesse qu'il apportait presque toujours dans ses jugements, mais avec une justice qui en était trop souvent exclue, appréciait la *Géostatique* en ces termes :

« Bien que j'aye vu beaucoup de quadratures du cercle, de mouvemens perpétuels, et d'autres telles démonstrations prétendues qui étaient fausses, je puis toutefois dire avec vérité que je n'ay jamais vu tant d'erreurs jointes ensemble en une seule proposition... Ainsi je puis dire pour conclusion que tout ce que contient ce livre de Géostatique est si impertinent, si ridicule et si méprisable, que je m'estonne qu'aucuns honnestes gens ayent jamais daigné prendre la peine de le lire, et j'aurais honte de celle que j'ay prise d'en mettre icy mon sentiment, si je ne l'avois fait à vostre semonce. »

Un tel jugement était peu propre à assurer à Descartes

(1) Joannis de Beaugrand, Regis Franciæ domui regnoque ac ærario sanctiori a consiliis secretisque, *Geostatice, seu de vario pondere gravium secundum varia a Terræ centro intervalla dissertatio mathematica* ; Parisiis, apud Tussanum Du Bray, MDCXXXVI.

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, tome II, *Correspondance*, p. 174 : Lettre de Descartes à Mersenne du 29 juin 1638

l'amitié de Jean de Beaugrand ; celui-ci se répandit assurément en malédictions contre le philosophe (1), car nous voyons Descartes mander à Mersenne (2), le 27 juillet 1638, qu'il se soucie peu de ce que « le Géostaticien » écrit contre lui.

La *Géostatique*, d'ailleurs, ne paraît pas avoir trouvé, auprès des amis de Jean de Beaugrand, un accueil beaucoup meilleur qu'auprès de Descartes ; on en peut juger au ton de la lettre que Fermat écrivait (3) à Mersenne le mardi 3 juin 1636 : « J'ai vu la *Géostatique* de M. de Beaugrand et me suis étonné d'abord d'avoir trouvé ma pensée différente de la sienne ; j'estime que vous l'aurez déjà remarqué. Je lui envoie franchement mon avis sur son livre, vous assurant que j'estime si fort son esprit et qu'il m'en a donné de si grandes preuves, que j'ai peine à me persuader qu'ayant entrepris une opinion contraire à la sienne, je ne me sois éloigné de la vérité ; je consens pourtant qu'il soit mon juge et ne vous récuse pas non plus. »

Fermat, dans cette lettre, oppose son opinion à celle de Jean de Beaugrand ; lui aussi, en effet, avait avancé une proposition de Géostatique ; jointe, en mai 1636, à une lettre à Carcavi, qui est aujourd'hui perdue, cette proposition nous a été conservée (4).

La proposition de Géostatique donnée par Fermat va être le point de départ d'un débat long et important ; au cours de ce débat, nous verrons le conseiller au Parlement de Toulouse aux prises avec les plus grands géomètres de

(1) Les pamphlets anonymes que Beaugrand avait composés contre Descartes ont été retrouvés par Paul Tannery (Paul Tannery, *La Correspondance de Descartes dans les inédits du fonds Libri ;* Paris, 1896).

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, tome II, *Correspondance*, p. 253.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de Paul Tannery et Ch. Henry. Tome II, *Correspondance*, p. 14.

(4) Id., *ibid.*, p. 6 : Propositio geostatica Domini de Fermat.

son temps, Étienne Pascal, Roberval et, enfin, Descartes ; nous entendrons Fermat énoncer des théorèmes qui paraîtront étranges à notre raison, accoutumée à la Mécanique moderne ; nous le verrons développer des déductions qui nous sembleront absurdes. Gardons-nous cependant de croire ce débat oiseux, de penser qu'il n'a eu d'autre effet que de prouver à Fermat les contradictions, bien évidentes pour nous au premier abord, auxquelles se heurtaient ses opinions touchant la Statique. La querelle a une tout autre portée. Son sens exact, il est vrai, ne saurait nous apparaître, si nous ne nous débarrassions pour un instant des connaissances mécaniques que des efforts, accumulés pendant des siècles, ont rendues aisées et comme naturelles à nos intelligences du XXe siècle ; ce sens, au contraire, nous deviendra clair, si nous restaurons en nous l'état d'esprit d'un géomètre au temps de Louis XIII.

Deux doctrines bien distinctes prétendent alors traiter de l'équilibre et du mouvement du corps pesant.

L'une de ces doctrines a pris d'abord pour principe l'axiome fondamental de la Dynamique péripatéticienne ; certains mécaniciens, Galilée par exemple, tiennent encore pour cet axiome ; mais la plupart des géomètres l'ont plus ou moins formellement abandonné ; ils tirent leurs théorèmes de Statique de l'égalité entre le travail moteur et le travail résistant, invoquée tout d'abord par Jordanus, ou d'autres principes liés à celui-là : telle l'impossibilité du mouvement perpétuel. Dans les écrits de Stevin et de Roberval, cette doctrine est parvenue à constituer une Statique complète, dont Descartes tracera bientôt un tableau, admirable de clarté et de simplicité.

L'autre doctrine a été formulée par Albert de Saxe ; la Scolastique entière l'a adoptée ; elle découle de ce principe : Il y a en tout grave un point, le centre de gravité, qui tend à s'unir au centre commun des graves. Bernardino Baldi et Guido Ubaldo ont exposé cette doctrine

avec une grande précision, tandis que Cardan, Mersenne et Galilée en tiraient cette règle de Statique : Un système demeure en équilibre lorsque tout dérangement éloignerait son centre de gravité du centre commun des graves.

Or, entre les deux doctrines, celle qui est née de Jordanus de Nemore et celle qui a été proclamée par Albert de Saxe, il y a contradiction ; celle-ci ne peut s'accorder avec celle-là ; les corollaires utiles qu'elle a fournis ne pourront être acceptés par ceux qui posent en principe l'égalité du travail moteur au travail résistant, tant qu'une correction convenable n'aura pas effacé en ces corollaires la marque du postulat inacceptable qui les a produits.

Cette contradiction va apparaître, parce que Fermat, disciple convaincu de la théorie inaugurée par Albert de Saxe, poussera celle-ci jusqu'à ses conséquences inacceptables. Le débat dont nous allons retracer l'histoire va donc débarrasser la Statique de la contradiction qu'elle recélait et assurer l'unité logique de cette science.

Qu'il faille voir en Fermat un disciple convaincu de la doctrine d'Albert de Saxe, c'est ce que nous marque le début même de sa *Propositio geostatica*.

Fermat prend pour principe « cette proposition qui », dit-il, « se prouve très aisément en marchant sur les traces d'Archimède et que l'on démontrerait incontinent si elle venait à être niée :

« Soit B (fig. 102) le centre de la Terre, BC un rayon terrestre, BA une partie du rayon opposé ; si le poids placé en C est au poids placé en A comme BA est à BC, les poids A et C ne se mouvront pas ; ils se feront équilibre. »

Étrange transposition des lois établies par Archimède ! Fermat applique la règle du levier au cas où les deux forces agissantes, dirigées toutes deux suivant le levier, sont opposées l'une à l'autre ; il est bien clair cependant que, pour se faire équilibre, deux telles forces doivent être égales, et non pas dans le rapport de AB à BC.

Ainsi nous exprimerions-nous en vertu des connaissances qui nous sont aujourd'hui si familières qu'elles nous paraissent être de toute première évidence. Gardons-nous, cependant, de regarder Fermat comme un homme dénué de sens qui n'aurait point su reconnaître cette évidence. La proposition qu'il énonce et qui nous surprend si fort est la proposition essentielle d'une théorie qu'un grand nombre de profonds penseurs ont soutenue, d'Albert de Saxe à Galilée.

N'est-ce pas, en effet, Albert de Saxe qui écrivait (1) :

« Si la masse entière de la Terre était violemment retenue hors de son lieu, par exemple en la concavité de

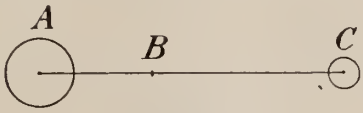


fig. 102.

l'orbe de la Lune, et si, d'autre part, on laissait tomber un corps grave, ce grave ne se mouvrait pas vers la masse totale de la Terre ; il se dirigerait en ligne droite vers le centre du Monde. La raison en est qu'il ne trouverait son lieu naturel qu'au centre du Monde, pourvu, du moins, que son centre de gravité fût au centre du Monde » ?

N'est-ce pas le même Albert de Saxe qui, disant de la Terre entière ce qu'Aristote, Simplicius, saint Thomas, avaient affirmé d'un grave quelconque, écrivait (2) :

« La Terre a son centre de gravité au centre du Monde. En effet, toutes les parties de la Terre tendent au centre par leur gravité, comme Aristote le dit textuellement ; d'ailleurs, la vérité de cette proposition est hors de doute. Par conséquent, la partie la plus lourde de la Terre pous-

(1) Alberti de Saxonia *Quæstiones in octo libros Physicorum*; in librum IV quæstio V.

(2) Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo* ; in librum II quæstio XXIII.

serait l'autre jusqu'à ce que le centre de gravité de la Terre entière fût au centre du Monde. Alors ces deux parties de même gravité demeureraient immobiles, lors même qu'elles n'auraient pas même grandeur, comme deux poids dans une balance » ?

N'est-ce pas enfin Marsile d'Inghen qui expliquait, en ces termes (1), la théorie d'Albert de Saxe : « Si un clou était en équilibre au centre de la Terre, il n'y aurait qu'une faible longueur de ce clou d'un certain côté du centre, savoir, du côté où se trouve la tête du clou ; et cela parce que la tête est beaucoup plus lourde que le reste du clou » ?

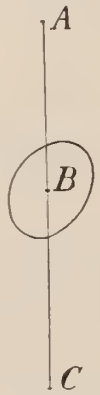


fig. 103.

Qu'est donc le postulat, si absolument inadmissible pour nous, qu'invoque Fermat, si ce n'est la conclusion de Marsile d'Inghen revêtue d'une forme mathématique précise ?

C'est au moyen de ce principe, dont la fausseté est pour nous d'une palpable évidence, que le grand géomètre toulousain justifie la proposition suivante :

Soient C le centre de la Terre (fig. 103), CA un rayon

(1) Johannis Marcilii Inguen *Quæstiones super octo libros Physicorum*; circa librum IV quæstio V.

terrestre et B un poids placé entre C et A. Pour soutenir ce poids placé en B, il faudrait lui appliquer *directement* une certaine force F. Supposons qu'au lieu d'appliquer cette force directement au point B, on la lui applique par l'intermédiaire de la tige AB, et que la force tire en A ; elle devra avoir une grandeur F′ qui sera à F comme BC est à AC.

La conséquence est manifestement aussi inadmissible que le principe ; les deux propositions sont également propres à marquer l'extrême ignorance des lois de la véritable Mécanique où se trouvaient quelques-uns des plus grands géomètres du XVIIe siècle.

Le P. Mersenne, après avoir reproduit (1), dans son *Harmonie Universelle*, le raisonnement de Fermat, dit : « Je ne voy pas la force de cette démonstration. » Et Descartes écrit (2) au dit P. Mersenne : « Au reste, j'ay à vous dire que mon Limousin est enfin arrivé, il y a déjà huit ou dix jours, et qu'il m'a apporté la Géostatique, avec la lettre que vous m'avez écrite par luy, en laquelle vous avez mis un raisonnement de M. Fermat pour prouver la mesme chose que le Géostaticien. Mais soit que vous ayez obmis quelque chose en le décrivant, soit que la matière soit trop haute pour moy, il m'est impossible d'y rien comprendre, sinon qu'il semble tomber dans la faute du Géostaticien, en ce qu'il considère le centre de la Terre comme si c'estoit celuy d'une balance, ce qui est une très grande méprise. »

Fermat eut sans doute connaissance des objections que certains géomètres élevaient contre sa proposition ou des obscurités qu'ils y rencontraient ; pour lever les unes et dissiper les autres, il rédigea une pièce en latin (3), qu'il

(1) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne. *Seconde Partie de l'Harmonie Universelle*. Livre VIII, De l'utilité de l'harmonie et des autres parties des mathématiques. Proposition XVIII, p. 65. Paris, MDCXXXVII.

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, t. II, *Correspondance*, p. 190 ; Lettres de Descartes à Mersenne du 29 juin 1638.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et

inséra dans une lettre adressée (1) à Mersenne le 24 juin 1636.

Le grand géomètre toulousain se plaint, tout d'abord, que l'on confonde son sentiment avec celui de Beaugrand, selon lequel le poids d'un grave dépend de sa distance au centre de la Terre : « J'estime que tout grave, en quelque lieu du Monde qu'il soit, hormis dans le centre, pris en soi et absolument, pèse toujours également, et c'est une proposition que j'aurais aisément prise pour principe, si je ne la voyais contestée. Je tâcherai donc à la prouver ; mais qu'elle soit vraie ou non, cela n'empêche pas la vérité de ma *proposition*, qui ne considère jamais le grave en soi, mais toujours par relation au levier, et ainsi je ne mets rien dans la conclusion qui ne se trouve dans les prémisses ».

La distinction invoquée par Fermat nous paraît aujourd'hui insaisissable ; pour la comprendre, il faut se souvenir que Fermat est imbu des opinions courantes dans l'École depuis Albert de Saxe ; il regarde comme invariable la gravité totale d'un corps ; mais de cette gravité constante, une part plus ou moins grande peut passer à l'état actuel et faire effort sur le levier, tandis que le reste demeure à l'état potentiel.

Fermat nous apprend ensuite (2) qu'il soupçonnait depuis longtemps Archimède de n'avoir pas apporté toute la précision désirable dans l'étude des Méchaniques ; il est clair, en effet, qu'il a supposé parallèles entre elles les directions de chute des graves ; hors de cette hypothèse, ses démonstrations ne peuvent subsister. Ce n'est point que cette hypothèse s'écarte beaucoup de la vérité ; la grande distance où se trouve le centre de la Terre permet de regarder les lignes de descente des graves comme

Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 23 : Nova in mechanicis theoremata Domini de Fermat.

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 17.

(2) Id., *ibid.*, p. 23.

parallèles entre elles. Mais cette approximation ne saurait satisfaire ceux qui cherchent la vérité minutieuse et profonde.

Pour découvrir cette vérité, il faut faire usage de principes autres que ceux d'Archimède ; Fermat en propose de nouveaux qu'il regarde comme dignes de toute confiance. C'est ainsi qu'il admet ce postulat, conséquence immédiate de la doctrine d'Albert de Saxe : Si deux graves égaux, unis par une ligne droite sans poids, n'étaient

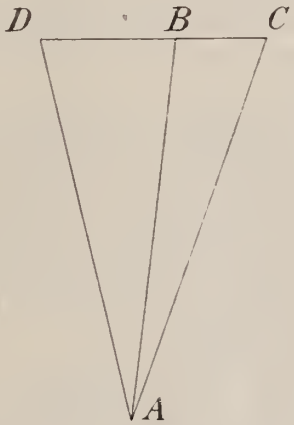


fig. 104.

retenus par aucun obstacle, ils ne pourraient se reposer tant que le milieu de cette droite ne serait point au centre du Monde.

Il admet également un autre postulat dont nous reproduirons exactement l'énoncé (1) ; nulle preuve plus manifeste ne saurait être donnée de l'ignorance où « Monsieur Fermat, conseiller au parlement de Tholose, et très excellent géomètre », demeurait au sujet des lois de Mécanique les plus anciennement découvertes et les plus clairement connues.

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 25.

« Soit DBC un levier (fig. 104) ne passant pas par le centre de la Terre ; le point d'appui de ce levier est en B ; ses bras sont BD, BC ; le centre de la Terre est en A. Que l'on mène les droites DA, BA, CA ; que l'on suspende des graves aux points D et C et que le rapport du poids C au poids D soit le produit du rapport de la ligne DA à la ligne CA et du rapport inverse de l'angle CAB à l'angle BAD. Je dis que le levier BDC, suspendu par le point B, demeurera en équilibre.

» Nous pouvons affirmer que cette proposition est très vraie ; nous la démontrerons, lorsqu'il conviendra, par des démonstrations tirées de la Géométrie la plus pure et de la Physique. »

La proposition formulée par Fermat est entièrement inexacte ; pour la rectifier, il y faut remplacer le rapport des angles CAB et BAD par le rapport de leurs sinus ; dans la pratique, ces angles sont assez petits pour que l'erreur commise soit très faible ; on conçoit donc que ce postulat erroné ait fourni à Fermat des conséquences qui sont *qualitativement* exactes.

De ce nombre est cette proposition : Une balance de bras égaux, portant des poids égaux, est en équilibre instable lorsqu'elle est parallèle à l'horizon.

« L'erreur d'Archimède (1), si pourtant nous la pouvons nommer ainsi, provient de ce qu'il a pris pour fondement que les bras de la balance arrêteroient, quoiqu'ils ne fussent pas parallèles à l'horizon, de quoi j'ai démontré le contraire.

»... Mais si la descente des graves se faisait par lignes parallèles,... en ce cas, la proposition d'Archimède serait vraie ; ce n'est pas que, dans l'usage, elle manque sensiblement, mais il y a plaisir à chercher les vérités les plus menues et les plus subtiles, et d'ôter toutes les ambiguïtés qui pourraient survenir. C'est ce que j'ai fait très exacte-

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 18.

ment et je puis vous assurer que, quoique la recherche soit bien malaisée, j'en possède toutes les démonstrations parfaitement. »

Les déductions d'Archimède étaient parfaitement exemptes de l'erreur que Fermat prétendait en éliminer ; seul, Guido Ubaldo s'en était rendu coupable ; Fermat écrivait (1) donc avec plus de justice, en sa pièce latine : « Nous démontrerons et réfuterons l'erreur d'Ubaldo et d'autres géomètres, qui supposent les bras de la balance capables de demeurer en équilibre, lors même qu'ils ne sont pas parallèles à l'horizon. »

Parmi les corollaires exacts que Fermat put tirer de ce principe erroné, il convient encore de citer celui-ci (2), d'une importance singulière pour l'objet de cette étude : « On voit par ce qui précède que toutes les définitions du centre de gravité, données par les anciens, gisent à terre ; si l'on excepte la sphère, il n'est aucun corps où l'on puisse trouver un point déterminé tel que ce grave, suspendu par ce point, en dehors du centre de la Terre, demeure en équilibre indifférent. » Mais au lieu d'en déduire que la notion de centre de gravité perd tout sens lorsqu'on cesse de traiter les verticales comme parallèles, Fermat veut, à tout prix, sauver cette notion, et il propose (3) cette définition nouvelle, conséquence étrange des doctrines d'Albert de Saxe, de Bernardino Baldi, de Guido Ubaldo et de Galilée : « Nous définirons désormais le centre de gravité de la manière suivante : Un point, placé à l'intérieur du corps, tel que le corps demeurerait en équilibre indifférent si ce point était uni au centre de la Terre ; dans ce cas, seulement, il y a lieu de considérer des centres de gravité. »

Mersenne s'empressa de communiquer la démonstration de Fermat aux divers géomètres avec lesquels il

(1) Fermat, *loc. cit.*, p. 26.
(2) Id., *ibid.*, p. 25.
(3) Id., *ibid.*, p. 25.

avait commerce ; elle ne plut pas, et Fermat ne tarda pas à le savoir. « Vous ne devez pas douter que ma démonstration ne conclue parfaitement, écrit-il (1) à Mersenne le 15 juillet 1636, bien qu'il semble que M. de Roberval ne l'a pas trouvée précise. »

Roberval ne tarda sans doute pas à faire connaître ses objections à l'encontre des principes admis par Fermat, car, au mois d'août 1636, celui-ci écrit (2) au professeur du Collège de France :

« La première objection consiste en ce que vous ne voulez pas accorder que le mitan d'une ligne qui conjoint deux poids égaux, descendant librement, s'aille unir au centre du Monde. En quoi certes il me semble que vous faites tort à la lumière naturelle et aux premiers principes... La vérité de mon principe dépend de ce que les deux poids ou puissances ont naturellement inclination au centre de la Terre et tendent là... Outre que jamais personne n'a douté que le centre d'un grave ne s'unît au centre de la Terre s'il n'étoit empêché.

»... La deuxième objection est contre la nouvelle proportion des angles que j'ai découverte, contre laquelle vous n'avez rien dit de précis, mais seulement que vous avez démontré que la proportion réciproque des poids doit être expliquée non par les angles, mais par les sinus de ces angles.

» Voici la démonstration de ma proposition... »

Le samedi 16 août 1636, Étienne Pascal et Roberval écrivaient (3) à Fermat une longue lettre ; en cette épître, modèle de discussion scientifique courtoise et précise, les postulats sur lesquels le grand géomètre toulousain avait fondé sa Mécanique se trouvaient soumis à un exact et rigoureux examen. L'effort de Roberval et d'Étienne

(1) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry, t. II, *Correspondance*, p. 28.

(2) Id., *ibid.*, p. 31.

(3) Id., *ibid.*, p. 35.

Pascal tendait surtout à révoquer en doute le principe posé par Albert de Saxe, formulé par Bernardino Baldi et Guido Ubaldo, admis par Galilée, reçu par Fermat comme une vérité de « lumière naturelle », comme un « premier principe » dont, jamais, « personne n'a douté ».

« Monsieur », écrivent Étienne Pascal et Roberval, « le principe que vous demandez pour la Géostatique est que si deux poids égaux sont joints par une ligne droite ferme et sans poids et, qu'étant ainsi disposés, ils puissent descendre librement, ils ne reposeront jamais jusqu'à ce que le milieu de la ligne (qui est le centre de la pesanteur des anciens) s'unisse au centre commun des choses pesantes.

» Ce principe que nous avons considéré il y a longtemps, ainsi qu'il vous a été mandé, paraît d'abord fort plausible ; mais quand il est question de principe, vous savez quelles conditions lui sont requises pour être reçu ; desquelles conditions, cette principale manque au principe dont il s'agit ici, savoir que nous ignorons quelle est la cause radicale qui fait que les corps pesants descendent et d'où vient l'origine de cette pesanteur. Ainsi nous n'avons rien de connu assurément de ce qui arriverait au centre où les choses pesantes aspirent, ni aux autres lieux hors la surface de la Terre, de laquelle, pour ce que nous y habitons, nous avons quelques expériences sur lesquelles nous fondons nos principes.

» Car il peut se faire que la pesanteur est une qualité qui réside dans le corps même qui tombe ; peut-être qu'elle est dans un autre, qui attire celui qui descend, comme dans la Terre. Il peut se faire aussi et il est fort vraisemblable que c'est une attraction mutuelle ou un désir naturel que les corps ont de s'unir ensemble, comme il est clair au fer et à l'aimant lesquels sont tels que, si l'aimant est arrêté, le fer n'étant point empêché l'ira trouver, si le fer est arrêté, l'aimant ira vers lui ; et si tous deux sont libres,

ils s'approcheront réciproquement en sorte toutefois que le plus fort des deux fera le moins de chemin. »

En lisant ces lignes écrites par Étienne Pascal et par Roberval, on ne saurait méconnaître l'influence exercée par Képler sur ces géomètres ; cette constatation, d'ailleurs, n'est point pour nous surprendre ; l'étude du célèbre traité *Aristarchi Samii de mundi systemate*, composé par Roberval, marque du reste que, comme Descartes, le professeur du Collège de France avait médité la pensée du grand astronome.

« Or », poursuivent Étienne Pascal et Roberval, « de ces trois causes possibles de la pesanteur, les conséquences sont fort différentes, ce que nous ferons connaître en les examinant ici l'une après l'autre.

» En premier lieu, si la première est vraie, selon l'opinion commune, nous ne voyons point que votre principe puisse subsister ; car, sur ce sujet, le sens commun nous dit qu'en quelque lieu que soit un poids, il pèse toujours également, ayant toujours la même qualité qui le fait peser, et qu'alors un corps reposera au centre commun des choses pesantes, quand les parties du corps qui seront de part et autre du même centre seront d'égale pesanteur pour contrepeser l'une à l'autre, sans avoir égard si elles sont peu ou beaucoup éloignées du centre.

» ... Et ne sert de rien d'alléguer le centre de la pesanteur du corps AB, lequel centre, selon les anciens, est au milieu C ; car ce centre n'a été démontré que quand la descente des poids se fait par des lignes parallèles, ce qui n'est pas ; et quand il y aurait un tel point, ce qui ne peut être aux corps qui tiennent à un même centre commun, il n'a pas été démontré, et ne prouveroit aucunement que ce seroit ce point là par lequel le corps s'uniroit au centre commun. Même cela, pour les raisons précédentes, répugne à notre commune connaissance en plusieurs figures.

» En tous cas, nous ne voyons point que ce centre commun des anciens doive être considéré autre part qu'aux

poids qui sont pendus ou soutenus hors du lieu auquel ils aspirent.

» ... Si la seconde ou la troisième cause possible de la pesanteur du corps est vraie, il nous semble que l'on en peut tirer des conclusions. »

Étienne Pascal et Roberval tentent, en effet, de déterminer comment le poids d'un corps varie avec la distance de ce corps au centre de la Terre lorsque l'on regarde le poids d'un grave comme la résultante d'attractions exercées par les diverses parties du globe ; leur analyse est simplifiée à l'excès, car ils ne paraissent point tenir compte de l'influence que la distance de deux corps exerce assurément sur la grandeur de leur attraction mutuelle ; elle n'en est pas moins un curieux essai pour suivre et développer la pensée de Képler. Elle conduit d'ailleurs les deux auteurs à ces sages réflexions touchant les tentatives de *Géostatique* : « Puis donc que de ces trois causes possibles de la pesanteur, nous ne savons quelle est la vraie, et que même nous ne sommes pas assurés que ce soit l'une d'icelles, se pouvant faire que ce soit une autre, de laquelle on tireroit des conclusions toutes différentes, il nous semble que nous ne pouvons pas poser d'autres principes en cette matière que ceux desquels nous sommes assurés par une expérience continuelle, assistée d'un bon jugement.

» Quant à nous, nous appelons des corps également ou inégalement pesants ceux qui ont une égale ou inégale puissance de se porter vers le centre commun, et un même corps est dit avoir un même poids, quand il a toujours cette même puissance ; que si cette puissance augmente ou diminue, alors, quoi que ce soit le même corps, nous ne le considérons plus comme le même poids. Or, que cela arrive aux corps qui s'éloignent ou s'approchent du centre, c'est ce que nous désirerions bien savoir ; mais ne trouvant rien qui nous contente sur ce sujet, nous laissons cette question indécise et nous raisonnons seulement sur ce que

les Anciens et nous en avons pu découvrir de vrai jusqu'à maintenant. »

Étienne Pascal et Roberval ont une connaissance exacte des lois de la composition des forces ; aussi leur est-il facile de mettre à nu les graves erreurs que Fermat a commises en ses déductions.

Prenant un arc de cercle EBD (fig. 105) dont le centre A coïncide avec celui de la Terre, « vous supposez, disent-ils à Fermat (1), que le poids, posé tout entier au point B, pèsera de même sur l'appui B qu'étant posé par

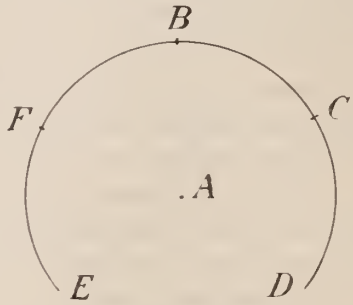


fig. 105.

parties aux points EFBCD. Cela est tellement éloigné du vrai que quelquefois, en lieu de peser sur l'appui B vers A, il pèsera au contraire sur le même appui pour s'éloigner de A ». C'est ce qui arrivera, par exemple, si l'arc ED surpasse une demi-circonférence et si la charge est tout entière placée aux deux points E et D. « Et, toutefois, étant ramassé tout entier au point B, il pèsera toujours de toute sa force sur l'appui B pour emporter le levier vers A, et, en général, étant étendu, il pèsera toujours moins sur l'appui qu'étant ramassé au point B. Toutes ces choses, quoique contraires à votre supposition, sont démontrées en suite de nos principes. »

(1) Étienne Pascal et Roberval, *loc. cit.*, p. 43.

Les mêmes principes conduisaient Mersenne à reconnaître que le poids total d'un corps d'étendue finie devait diminuer au fur et à mesure que ce corps s'éloigne du centre de la Terre ; et cela, bien que chaque partie du corps gardât, contrairement à l'opinion de Beaugrand, un poids invariable. « Ceux, dit le savant religieux (1), qui considèrent un centre particulier de pesanteur dans chaque partie d'un corps proposé, et qui donnent une inclination particulière à chaque point du dit corps pour descendre au centre des corps pesants (que l'on suppose estre le mesme que celuy de la Terre) prouvent par une autre voie, qui me semble meilleure, que les poids deviennent plus légers, ou pèsent moins en s'approchant dudit centre, mais non en mesme proportion qu'ils s'en approchent... Mais parce que l'autre différente pesanteur vient des angles différents faits par chaque point du corps proposé (à raison de la ligne droite par laquelle il veut descendre au centre de la Terre) avec la ligne qui traverse le centre de la pesanteur du dit corps, ou qui luy est parallèle, il s'ensuit que si le poids est considéré comme un point, c'est-à-dire que l'on considère un point qui ait de la pesanteur, il aura toujours la même pesanteur, près ou loin du centre de la Terre ; ce qui n'arrive pas dans l'autre opinion (2), dans laquelle ce point devient plus léger en mesme raison qu'il s'approche du centre, comme fait le corps pesant. »

La remarque faite par Mersenne en ce passage semble présentée comme une opinion commune dans les Écoles au moment où il écrit ; or, cette opinion, nous l'avons rencontrée (3), sous une forme très nette, dans le *Tractatus de ponderibus* de Maître Blaise de Parme ; et déjà Albert

(1) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne. *Seconde Partie de l'Harmonie Universelle*. Livre VIII, De l'utilité de l'harmonie et des parties des mathématiques. Proposition XVIII, p. 63. Paris, MDCXXXVII.

(2) Celle que soutenait de Beaugrand.

(3) Voir ci-dessus, Chapitre VII, § 4.

de Saxe, dont l'influence sur Blaise de Parme n'est point niable (1), en marquait (2) le principe : « La distance fait bien, il est vrai, que les diverses parties d'un grave tendent à leur lieu naturel par des voies diverses ; mais jamais elle n'empêcherait la tendance d'un corps vers son lieu » ; Albert de Saxe lui-même, en écrivant ces lignes, visait, nous l'avons vu, un argument de Roger Bacon. C'est pour nous une occasion nouvelle de constater la persistance, parmi les mécaniciens du XVIIe siècle, de traditions qui devaient leur origine à l'école de Jordanus et aux commentaires d'Albert de Saxe et de ses disciples.

Fermat reçut avec un étonnement profond les critiques par lesquelles Étienne Pascal et Roberval prétendaient ruiner le principe d'Albert de Saxe ; cet étonnement pénible se laisse deviner en la lettre qu'il adressait à Mersenne le mardi 2 septembre 1636 : « Pour la *Proposition géostatique*, dit-il (3), elle est toute fondée sur ce principe seul que deux graves égaux, joints par une ligne ferme et laissés en liberté, se joindront au centre de la Terre par le point qui divise également la ligne qui les unit, c'est-à-dire que ce point de division s'unira au centre de la Terre. Messieurs Pascal et Roberval, après avoir reconnu que mon raisonnement est fondé là-dessus et, qu'accordant ce principe, ma proposition est sans difficulté, m'ont nié ce principe, que je prenais pour un axiome, le plus clair et le plus évident qu'on peut demander ; obligez-moi de me dire si vous êtes de leur sentiment. Je l'ai pourtant démontré depuis peu par de nouveaux principes, tirés des expériences, qu'on ne saurait contester et je le leur envoierai au plus tôt. »

Réduites, sans doute, aux idées que l'on développait

(1) Voir Chapitre XV, Art. 5.

(2) Alberti de Saxonia *Quæstiones in libros de Cœlo et Mundo*; in librum I quæstio X.

(3) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 58.

dans les Écoles, d'après l'antique enseignement d'Albert de Saxe, les connaissances de Fermat en Mécanique laissaient béantes d'immenses lacunes ; le géomètre toulousain ignorait assurément comment l'équilibre d'un levier tiré par des forces diversement inclinées dépendait des moments de ces forces par rapport au point d'appui ; aussi doutait-il des raisonnements de Roberval, où il était fait usage de cette règle. « Vous m'obligerez beaucoup, écrit-il (1) au professeur du Collège de France, de m'envoyer la démonstration de votre proposition suivant l'opinion où vous êtes, que les graves gardent la proportion réciproque des perpendiculaires tirées du centre du levier sur les pendants, et de laquelle je douterai toujours jusqu'à ce que je l'aurai vue. Je vous puis pourtant assurer que je ne saurais démordre de la mienne. »

Cédant aux instances de Fermat, Roberval lui écrit (2) le 11 octobre 1636 : « Je vous envoie la démonstration de la proposition fondamentale de notre Méchanique, ainsi que je vous l'ai promise ». Et, en indiquant minutieusement la définition des termes qu'il emploie, les axiomes qu'il invoque, il lui expose avec grand soin les lois d'équilibre d'un levier, droit ou coudé, que sollicitent des forces diversement inclinées. L'ordre que suit cet exposé rappelle très exactement la marche des raisonnements de Giovanni Battista Benedetti. Il n'est guère douteux, d'ailleurs, que Roberval ne connût le *Diversarum speculationum* de cet auteur. Un an plus tard, en effet, Mersenne expose (3), en la *seconde partie de l'Harmonie Universelle*, comment la convergence des verticales modifie la loi d'équilibre de la balance ; la règle qu'il indique est celle de Fermat, rectifiée par la correction

(1) Fermat, *op. cit.*, p. 59. Lettre de Fermat à Roberval du 16 septembre 1636.

(2) Fermat, *op. cit.*, p. 75.

(3) *Harmonie Universelle*, par F. Marin Mersenne ; *Seconde partie de l'Harmonie Universelle* ; Nouvelles observations physiques et mathématiques. Ve observation, p. 17. Paris, MDCXXXVII.

qu'y avait apportée Roberval ; et, pour justifier cette correction, il invoque le traité de Benedetti :

« Or il ne sera pas hors de propos d'ajouter icy une particulière remarque que l'on a faite touchant les bras de la balance, dont les poids sont en raison réciproque de la longueur des dits bras, suivant les positions d'Archimède, parce qu'il suppose que les pendans des balances descendent parallèles, au lieu qu'ils penchent et s'inclinent vers le centre de la terre, auquel ils se rencontreraient, s'ils avoyent chacun 1145 lieuës de longueur. De là vient que ceux qui considèrent la balance plus exactement, concluent que les poids précédens sont en raison réciproque des lignes perpendiculaires menées des centres de chaque poids sur la ligne qui conjoint le centre de la terre et de la balance ; ou en raison réciproque (1) composée de la raison des lignes penchantes et de la raison des angles faits au centre de la terre, par la ligne qui conjoint les centres de la terre et de la balance, et les dites lignes penchantes, c'est à dire d'inclination ou de direction des poids vers le centre de la terre ; ou plutost en raison réciproque des lignes perpendiculaires tirées du centre de la balance sur les lignes penchantes, comme fait Jean Benoist dans son 3e chapitre sur les Méchaniques, ce que plusieurs excellents géomètres estiment véritable. »

La théorie si nette que Benedetti avait sans doute empruntée à Léonard de Vinci et que Roberval lui emprunte à son tour, n'a pas raison de l'obstination avec laquelle Fermat défend sa manière de voir. Il s'efforce (2) de mettre Roberval en contradiction avec lui-même ; il croit y parvenir en tirant des principes contenus en sa dernière lettre la conclusion qu'une sphère pesante, placée

(1) Cette règle est celle qu'avait proposée Fermat.

(2) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 87 ; Objecta a Domino de Fermat adversus propositionem mechanicam Domini de Roberval, décembre 1636.

sur un plan tangent au globe terrestre, se mettra en mouvement à moins qu'elle ne se trouve au point de contact ; en cette conclusion, nous reconnaissons une proposition d'Albert de Saxe ; Léonard de Vinci, Villalpand, Mersenne nous l'ont soigneusement conservée ; Fermat ne voit pas que si la théorie du plan incliné exige le repos d'une telle sphère placée sur un plan horizontal, c'est précisément parce que cette théorie néglige la convergence des verticales.

L'opiniâtreté du géomètre toulousain, qui refuse de se rendre aux raisons de la saine Mécanique, se manifeste encore à plusieurs reprises (1) ; la cause, toutefois, peut être tenue pour entendue ; l'opinion d'Albert de Saxe, selon laquelle la pesanteur d'un corps est la tendance qu'a le centre de gravité de ce corps à s'unir au centre de la Terre, a subi une irrémédiable défaite.

Avec son bonheur habituel, Descartes entre dans la lutte au moment où il n'y a plus qu'à recueillir les fruits de la victoire.

L'inlassable curiosité de Mersenne lui a fait désirer de connaître l'avis du grand philosophe sur le problème géostatique qui vient de mettre aux prises Fermat, Roberval et Étienne Pascal. Accédant à cette demande, Descartes envoie au religieux Minime, le 13 juillet 1638, un *Examen de la question sçavoir si un corps pèse plus ou moins, estant proche du centre de la terre qu'en estant éloigné* (2).

Cet examen renferme un exposé de la Statique cartésienne, peu différent de celui que Constantin Huygens avait reçu quelque temps auparavant ; à cet exposé, que nous avons commenté en notre Chapitre XIV, sont

(1) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance* ; Lettres de Fermat à Roberval du 7 décembre 1636 (p. 89) et du 16 décembre 1636 (p. 92).

(2) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery ; t. II, *Correspondance* (mars 1638, décembre 1639), p. 222.

jointes diverses remarques qui ont trait au débat dont nous relatons l'histoire.

Nous avons vu que Descartes avait connu par Mersenne les propositions avancées par Fermat ; qu'il ait connu également la lettre où Étienne Pascal et Roberval réfutaient ces propositions, on n'en saurait douter à la lecture des passages suivants :

« ... Il faut déterminer ce qu'on entend par pesanteur absoluë. La plus part la prennent pour une vertu ou qualité interne en chascun des cors qu'on nomme pesans, qui les fait tendre vers le centre de la terre. » Selon les uns, cette vertu dépend de la *forme* ; selon les autres, de la *matière* seule. « Or, suivant ces deux opinions, dont la première est la plus commune dans les escholes, et la seconde est la plus receue entre ceux qui pensent sçavoir quelque chose de plus que le commun, il est évident que la pesanteur absoluë des cors est toujours en eux une mesme, et qu'elle ne change point du tout à raison de leur diverse distance du centre de la Terre.

» Il y a encore une troisième opinion, à sçavoir de ceux qui pensent qu'il n'y a aucune pesanteur qui ne soit relative, et que la force ou vertu qui fait descendre les cors qu'on nomme pesans, n'est point en eux, mais dans le centre de la Terre, ou bien en toute sa masse, laquelle les attire vers soy, comme l'aymant attire le fer, ou en quelque autre telle façon. Et selon ceux-ci, comme l'aymant et tous les autres agens naturels qui ont quelque sphère d'activité agissent tousjours d'avantage de près que de loin, il faut avouër qu'un mesme cors pèse d'autant plus qu'il est plus proche du centre de la Terre.

» Pour mon particulier, » ajoute Descartes, « je conçoy véritablement la nature de la pesanteur d'une façon qui est fort différente de ces trois, mais pour ce que je ne la sçaurois expliquer qu'en déduisant plusieurs autres choses dont je n'ay pas icy dessein de parler, tout ce que je puis dire est que par elle je n'apprens rien qui appartienne à

la question proposée, si non qu'elle est purement de fait, c'est à dire qu'elle ne sçauroit estre déterminée par les hommes qu'en tant qu'ils en peuvent faire quelque expérience ; et mesme que, des expériences qui se feront icy en nostre air, on ne peut connoistre ce qui en est beaucoup plus bas, vers le centre de la terre, ou beaucoup plus haut, au delà des nuës, à cause que s'il y a de la diminution ou de l'augmentation de la pesanteur, il n'est pas vraysemblable qu'elle suive partout une mesme proportion. »

Descartes cherche d'ailleurs si, parmi les expériences dont les résultats sont déjà connus, il n'en est aucune qui nous puisse renseigner sur les variations de la pesanteur ; les faits lui semblent montrer que la pesanteur décroît lorsqu'on s'élève à partir de la surface de la terre ; mais les preuves qu'il donne de cette assertion sont étranges ; il cite « le vol des oyseaux », « ces dragons de papier que font voler les enfants » et même, sur la foi de Mersenne, « les bales des pièces d'artillerie, tirées directement vers le zénith, qui ne retombent point ». Parmi les arguments qu'il invoque, il en est un qui n'est point sans intérêt pour l'histoire de la pesanteur universelle :

« Une autre expérience, qui est desja faite et qui me semble très forte pour persuader que les cors éloignez du centre de la terre ne pèsent pas tant que ceux qui en sont proches, est que les Planètes qui n'ont pas en soy de lumière, comme la Lune, Venus, Mercure, etc., estant, comme il est probable, des cors de mesme matière que la Terre, et les cieux estant liquides, ainsy que jugent presque tous les astronomes de ce Siècle, il semble que ces Planètes devroient estre pesantes et tomber vers la Terre, si ce n'estoit que leur grand éloignement leur en oste l'inclination. »

Néanmoins, Descartes ne pense pas que l'expérience soit assez avancée pour permettre de raisonner géométriquement sur une pesanteur variable ; il la tiendra donc

pour constante dans ses raisonnements : « Outre cela, nous supposerons que chasque partie d'un mesme cors pesant retient tousjours en soy une mesme force ou inclination à descendre, nonobstant qu'on l'esloigne ou qu'on l'approche du centre de la terre, ou qu'on le mette en telle situation que ce puisse estre. Car encore que, comme j'ay desjà dit, cela ne soit peut estre pas vray, nous devons toutefois le supposer pour faire commodément notre calcul.

» Or cete égalité en la pesanteur absoluë estant posée, on peut demonstrer que la pesanteur relative de tous les cors durs, estant considérez en l'air libre et sans estre soutenus d'aucune chose, est quelque peu moindre, lorsqu'ils sont proches du centre de la Terre que lorsqu'ils en sont esloignez, bien que ce ne soit pas le mesme des cors liquides ; et au contraire que deux cors parfaitement égaux estant apposez l'un à l'autre dans une balance parfaitement exacte, lorsque les bras de cette balance ne seront pas parallèles à l'horison, celuy de ces deux cors qui sera le plus proche du centre de la terre pèsera le plus, et ce d'autant justement qu'il en sera plus proche. D'où il suit aussy que hors de la balance, entre les parties égales d'un mesme cors, les plus hautes pèsent d'autant moins que les plus basses qu'elles sont plus esloignées du centre de la terre, de façon que le centre de gravité ne peut estre un centre immobile en aucun cors, encore mesme qu'il soit sphérique. »

La première proposition énoncée par Descartes est celle que Blaise de Parme a formulée autrefois, que Mersenne a retrouvée ; Étienne Pascal et Roberval en ont opposé à Fermat de fort analogues ; les règles de composition des forces en donnent bien aisément la démonstration ; mais, nous l'avons vu, Descartes ne paraît pas avoir jamais eu une connaissance bien exacte de ces lois ; aussi, lorsqu'il se propose (1) de donner une « *démonstration qui*

(1) Descartes, *loc. cit.*, p. 238.

explique en quel sens on peut dire qu'un corps pèse moins, estant proche du centre de la Terre, qu'en estant esloigné », a-t-il recours à un artifice assez étrange et assez peu rigoureux pour tirer cette démonstration des lois du plan incliné.

Quant à la proposition qui a pour objet l'instabilité de l'équilibre d'une balance où l'on regarde les verticales comme concourantes, elle fait l'objet (1) d'une « *autre démonstration, qui explique en quel sens on peut dire qu'un mesme cors pèse plus, estant proche du centre de la terre qu'en estant esloigné* ». Cette démonstration n'a point exigé de Descartes un fort grand effort d'invention ; Étienne Pascal, Roberval et Mersenne avaient déjà montré comment on devait, selon les principes exposés par Benedetti (2), corriger le raisonnement de Fermat ; cette déduction ainsi rectifiée est celle que Descartes s'approprie.

De la déduction incorrecte qu'il avait construite, Fermat avait déjà tiré ce corollaire qu'un corps n'a pas un centre de gravité indépendant de sa position ; ce corollaire, Descartes le justifie (3) de nouveau par des raisons exactes :

« En suite de quoy il est évident que le centre de gravité des deux poids B et D (fig. 106), joins ensemble par la ligne BD, n'est pas au point C, mais entre C et D, par exemple au point R, où je suppose que tombe la ligne qui divise l'angle BAD en deux parties égales... De façon que

(1) Descartes, *loc. cit.*, p. 242.

(2) Dans une lettre (*a*) dont le destinataire est probablement Boswell et dont la date est peut-être 1646, Descartes déclare qu'il « partage l'avis de ceux qui disent que *deux poids sont en équilibre quant ils sont en raison inverse des perpendiculaires abaissées du centre de la balance sur les lignes qui joignent les extrémités des bras au centre de la Terre* ». Il ajoute que « non seulement la raison en est évidente, mais encore qu'elle peut être prouvée ». Nous avouons qu'il nous est impossible de trouver trace d'un raisonnement concluant dans les considérations présentées par Descartes.

(*a*) Descartes, *Œuvres*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery ; tome IV, *Correspondance ; Additions*, p. 696.

(3) Descartes, *loc. cit.*, p. 244.

les poids B et D doivent estre soutenus par le point R pour demeurer en équilibre en l'endroit où ils sont. Mais si on suppose la ligne BD tant soit peu plus ou moins inclinée sur l'horizon, ou bien ces poids à une autre distance du centre de la terre, il faudra qu'ils soient soutenus par un autre point pour estre en équilibre, et ainsy leur centre de gravité n'est pas tousjours au mesme point. »

Fermat avait cru, du moins, pouvoir admettre l'invariabilité du centre de gravité de la sphère ; Descartes prouve (1) que cette exception même n'a pas lieu d'être admise : « D'où il suit clairement que le centre de gravité de toute cete sphère n'est pas au point qui est le centre de sa figure, mais quelque peu plus bas en la ligne droite qui tend de ce centre de sa figure vers celuy de la terre. Ce qui semble véritablement fort paradoxe, lorsqu'on n'en considère pas la raison ; mais en la considérant, on peut voir que c'est une vérité mathématique très assurée. »

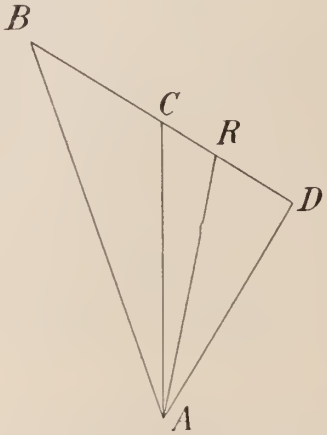


fig. 106.

L'exposé de Descartes résume et juge le débat qui a mis aux prises de Beaugrand, Fermat, Mersenne, Roberval

(1) Descartes, *loc. cit.*, p. 245.

et Étienne Pascal ; la conclusion en est maintenant claire et certaine ; l'idée d'un centre de gravité invariablement lié à chaque corps solide n'a de sens qu'autant que les verticales sont traitées comme parallèles entre elles ; c'est donc une absurdité que de vouloir attribuer à ce point une tendance à s'unir au centre de la Terre ; la seule considération du centre de la Terre suffit à rendre illégitime la considération du centre de gravité. Telle est la conséquence importante qu'a produite la querelle des *géostaticiens*.

De cette querelle, Torricelli a-t-il eu connaissance ? Ses recherches ont-elles pu éprouver l'influence des idées qui se discutaient parmi les géomètres français ? De ce point, nous ne saurions douter.

Nous avons vu que Torricelli avait passé une grande partie de sa vie à Rome, auprès de son maître, le P. Castelli ; c'est seulement trois mois avant la mort de Galilée (8 janvier 1642) qu'il quitta son premier maître, pour se rendre à Arcetri, auprès du grand géomètre.

Or, au fort de la querelle sur la Géostatique, le P. Castelli avait eu commerce avec Jean de Beaugrand ; il avait eu connaissance des propositions de Fermat sur la variabilité du centre de gravité et avait entrepris des recherches semblables ; nous en avons pour garant la lettre suivante (1), dont nous ignorons malheureusement la date et le destinataire :

« J'ai lu les très subtiles pensées de M. de Fermat au sujet du centre de gravité ; je confesse bien volontiers qu'elles m'ont paru belles et dignes de cette sublime intelligence, que M. de Beaugrand me célébra avec force louanges lors de son passage à Rome. Je veux croire qu'il en possède une démonstration rigoureuse. M. de Beaugrand m'a dit avoir obtenu une proposition semblable : savoir, qu'un même grave, placé à des distances diverses du centre de la Terre, pèse inégalement, et que le

(1) Fermat, *Œuvres*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery, et Ch. Henry ; t. II, *Correspondance*, p. 26.

poids est au poids comme la distance au centre de la Terre est à la distance. Aussi ai-je appliqué ma pensée à cette matière et ai-je pensé, à ce moment, que j'avais retrouvé la démonstration ; mais depuis, m'étant proposé certaines difficultés, mon ardeur pour cette spéculation s'est refroidie. Je me souviens encore que j'en avais déduit la conséquence même qu'en tire M. de Fermat, savoir qu'un grave dont le centre de gravité coïnciderait avec le centre de la Terre n'aurait aucun poids et, de plus, que la Terre entière est dépourvue de poids ; en outre, j'avais trouvé qu'un grave qui descend vers le centre de la Terre, non seulement change de poids d'instant en instant, mais encore, chose qui peut sembler plus merveilleuse, que le centre de gravité se déplace continuellement en la masse de ce grave ; de plus, si un grave se meut sur place d'un mouvement de rotation, son centre de gravité change sans cesse ; aussi suis-je aisément d'accord avec M. de Fermat en ceci : Que la nature du centre de gravité n'est point du tout telle que les mécaniciens l'ont communément décrite. »

Torricelli connaissait donc les erreurs et les contradictions auxquelles on est conduit lorsqu'on traite du centre de gravité sans admettre le parallélisme des verticales ; on comprend, dès lors, pourquoi il a pris soin de formuler, avec tant de précision, cette dernière hypothèse. Par là, il a profondément transformé le principe de Statique qu'il tenait de Galilée ; il a fait disparaître toute trace de la doctrine erronée à laquelle ce principe devait sa naissance. Comme mainte proposition de Physique, c'est en reniant ses origines que la loi de Torricelli est devenue une irréprochable vérité. Mais en brisant tout lien avec l'erreur qui lui avait donné naissance, elle a perdu l'apparente évidence qui semblait en imposer l'acceptation ; elle s'est montrée dès lors ce qu'elle était réellement : un pur postulat, justifié seulement par l'accord de ses conséquences avec la réalité.

(A suivre.) P. Duhem.

LE
COTÉ MILITAIRE
DU
NÉO-PROTECTIONNISME BRITANNIQUE

La Revue des Questions scientifiques, dans sa livraison du 20 juillet dernier (1), a publié plusieurs articles sur une question d'une importance considérable : *La Crise du Libre-échange en Angleterre et ses conséquences*. MM. G. Blondel, Ch. Dejace, Achille Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye et Éd. Van der Smissen ont examiné cette question sous de multiples aspects et, après eux, je ne scruterai pas les causes du néo-protectionnisme britannique, je ne rechercherai pas s'il en existe une formule pratique et quels en seraient les effets politiques et économiques. M. Achille Viallate a fait ressortir le côté militaire du problème : je me propose de grouper autour de son argumentation et de sa documentation quelques faits typiques et circonstanciés, dans lesquels

(1) *La Crise du Libre-échange en Angleterre et ses conséquences* :
I. *L'Évolution économique de l'Angleterre au XIXe siècle*, par G. Blondel.
II. *La Crise du Libre-échange*, par Ch. Dejace.
III. *L'Angleterre et la Politique mondiale*, par Achille Viallate.
IV. *Les Intérêts d'Anvers*, par Emm. de Meester.
V. *L'Industrie sidérurgique*, par P. de Laveleye.
VI. *La Politique des traités*, par Éd. Van der Smissen.

on trouvera, je pense, de nouveaux motifs de partager l'opinion du savant professeur de l'École libre des Sciences politiques, de Paris.

Les guerres de la Révolution et de l'Empire avaient coûté 20 milliards à l'Angleterre, mais l'avaient laissée moins appauvrie que les États continentaux. Grâce à cette circonstance, à sa situation insulaire et à une triple autonomie agricole, industrielle et commerciale, elle s'est complue, pendant presque tout le XIXe siècle, dans une attitude dédaigneuse vis-à-vis des autres peuples et est restée impassible devant les profondes convulsions qui ont agité l'Europe, en 1866 et en 1870, et l'Amérique, lors de la guerre de la Sécession. Favorisée par l'inertie générale à l'endroit de la conquête violente ou pacifique de territoires lointains, elle s'est créé un empire colonial gigantesque, qui renferme le quart de la population du globe et sur lequel, mieux encore que sur les possessions de Charles-Quint, le soleil ne se couche jamais. Paisiblement — du moins sans heurt préjudiciable avec les puissances, car les Indes lui ont coûté du sang et de longs efforts — elle a poursuivi ses desseins égoïstes de souveraineté universelle, déversant sur le continent des cargaisons de plus en plus nombreuses, prêtant son or à gros intérêts, triplant sa fortune publique.

Depuis vingt-cinq ans la face et le fond des choses ont changé. La France, l'unique rivale que l'Angleterre comptât sur mer, a accrû considérablement le nombre de ses vaisseaux. L'Allemagne, dont la flotte date d'hier, est en passe de devenir une grande puissance navale. Les États-Unis d'Amérique, révélant une marine d'une valeur insoupçonnée, ont écrasé l'Espagne à Cavite et à Santiago de Cuba. L'amiral Togo, enfin, s'égalant à Nelson, a donné aux escadres japonaises un prestige incomparable. La possession de la mer est disputée à l'Angleterre, elle a cessé d'en être l'unique dominatrice, elle n'est plus cer-

taine de détenir sur les océans la seule suprématie militaire qui lui semblât réellement utile, d'autant plus que ses colonies, toujours agrandies, augmentent sa vulnérabilité, et font dans les eaux extra-européennes la tâche très difficile à ses divisions navales. L'Angleterre ne met plus dans la ceinture flottante de ses croiseurs et de ses cuirassés la même confiance qu'autrefois, et elle s'est préoccupée des institutions surannées, et qui semblaient immuables, de son armée de terre.

De ces institutions, la guerre du Transvaal a montré tous les vices. Pour réduire définitivement les républiques sud-africaines, dont les effectifs, y compris les contingents étrangers, n'ont jamais atteint 40 000 hommes, l'Angleterre a dû en employer environ 350 000 ; elle a laissé en Afrique près de 18 000 morts ; le chiffre des blessés, des prisonniers et des malades rapatriés s'est élevé à 60 000 et la guerre a coûté 5 1/2 milliards de francs. Cependant, il ne faut pas s'en tenir à l'expression brutale de ces statistiques ; si elles témoignent d'efforts considérables, elles s'expliquent aussi par les difficultés de l'entreprise, qui, a-t-on dit, équivalait au transport de 200 000 hommes de Calcutta à Marseille et à leur marche sur Hambourg.

Après la guerre, une commission royale d'enquête a été constituée : elle a entendu de nombreux témoins, formulé plus de vingt mille questions ; elle a tout étudié et tout contrôlé. Elle a conclu à l'absence de préparation, à l'insuffisance de l'état-major, au manque d'hommes, de chevaux, de matériel, d'approvisionnements, de munitions. Pourtant, à la fin de 1897, lord George Hamilton, secrétaire d'État pour l'Inde, s'était vaniteusement écrié : « Le monde entier a les yeux fixés sur notre armée » et, au lendemain du raid Jameson, M. Balfour avait affirmé que jamais l'Empire britannique ne s'était trouvé dans une situation aussi favorable pour soutenir une guerre, que jamais il n'avait possédé une meilleure machine de com-

bat. Des affirmations aussi solennelles que démentent les faits ne sont pas rares dans l'histoire.

En réalité, depuis 1815, on ne tenait plus l'armée anglaise pour susceptible de jouer un rôle sur le continent et on ne se donnait pas la peine d'en étudier l'organisation. Après la guerre franco-allemande, la plupart des nations européennes s'empressèrent de chercher d'utiles enseignements chez les vainqueurs et renouvelèrent leurs institutions militaires ; l'Angleterre n'en fit rien et continua d'entretenir une sorte de garde civique casernée, composée de soldats superbes, bien nourris et bien payés, mais plus aptes à la parade et aux évolutions compassées qu'au service en campagne et au métier compliqué de la guerre moderne.

Avant l'expédition du Transvaal, l'armée anglaise était comparable à l'armée des États-Unis d'Amérique, lorsque celle-ci, en 1899, eut à lutter contre l'Espagne. Des deux côtés, les forces permanentes régulières étaient insuffisantes pour les besoins de la mobilisation, et aucune prescription légale n'obligeait les milices à combattre en dehors du territoire national ; des deux côtés, les troupes étaient disséminées par fractions peu importantes, ne possédant entre elles aucun lien organique : corps d'armée, divisions, brigades n'existaient pas, et il fallait tout créer au dernier moment. Il suffit de formuler un tel système pour le condamner.

En 1901, après la guerre, la Chambre des Communes approuva la division du territoire en six circonscriptions, à chacune desquelles était attribué un corps d'armée, pourvu, en temps de paix, des états-majors et des services nécessaires. Ce projet ne fut pas exécuté. Au commencement de 1905, un *Army order* a réparti les troupes en sept commandements qui ne comportent pas de grandes unités, sauf un corps, dit « expéditionnaire » *(feld force)*, de 15 000 hommes, stationné à Aldershot et qui est toujours prêt à être envoyé en n'importe quel point de l'em-

pire. Excepté dans les gardes à pied, le régiment d'infanterie ne constitue qu'une unité purement nominale ; les bataillons sont complètement autonomes ; les deux tiers des régiments de cavalerie ne sont pas embrigadés ; les batteries et les compagnies de l'artillerie à pied forment des unités isolées, et les batteries de campagne sont réunies par deux, trois ou quatre en groupes indépendants. En somme, après des velléités de se conformer aux principes modernes de l'organisation des armées, on paraît y avoir renoncé, et les troupes anglaises, du moins quant à leur formation, ne sont pas mieux préparées qu'auparavant à passer du pied de paix au pied de guerre.

On s'est inquiété, d'autre part, de remédier aux inconvénients de l'unique mode de recrutement, le volontariat intégral. Entretenir une armée nombreuse, composée uniquement de volontaires, même médiocres, est un problème insoluble. Il y a quelque cent ans, l'Angleterre, avec 17 millions d'habitants, pouvait mobiliser 7 à 800 000 hommes ; aujourd'hui, avec 43 millions, ce ne serait plus que 600 000. Il s'agit ici de l'ensemble des forces militaires et non uniquement des troupes régulières. Après 1870, les effectifs de ces troupes ont été loin de suivre l'extraordinaire accroissement des armées des grandes puissances européennes. En 1854, l'armée régulière, y compris la portion détachée aux Indes, compte 140 000 hommes ; en 1867, on crée la réserve ; en 1877, armée régulière et réserve forment un total de 220 000 hommes, successivement accrû depuis jusqu'à 360 000 hommes, chiffre actuel. Au début de la campagne de 1870, la France n'avait mis que 300 000 hommes en ligne ; vers la mi-novembre 600 000 hommes étaient sous les armes, mais, pour la plupart, gardes nationaux, mobiles et corps francs ; actuellement, les effectifs de l'armée française, armée active et réserve de l'armée active, s'élèvent à 2 681 000 hommes. Alors que les forces totales mobili-

sables égalent en France et en Allemagne le 1/8 de la population, le 1/10 en Italie, le 1/13 en Russie, le 1/15 en Autriche-Hongrie, elles n'atteignent que le 1/65 en Angleterre.

La grande recruteuse de l'armée britannique, a-t-on dit, c'est la faim. Chez les Anglais, le goût réel du métier militaire existe peu et le simple soldat est méprisé par tous ceux qui possèdent quelque situation sociale. Les fils de famille qui ont trop fait la fête, profitent assez souvent de cette déconsidération. Comme la recrue peut se racheter endéans les trois premiers mois de service, ils s'enrôlent, et les parents paient la rançon, s'imposent tous les sacrifices, plutôt que de subir le déshonneur d'un fils figurant aux derniers rangs de l'armée.

Le volontariat a pour conséquence une longue durée de service actif : 9 années dans l'infanterie et dans l'artillerie à pied, 8 années dans la cavalerie, 3 années dans les autres armes ; on lui attribue aussi le chiffre élevé des désertions annuelles, 8 à 10 p. c. de celui des enrôlements (1).

Est-ce à dire que dans l'armée anglaise l'esprit militaire et le culte du drapeau soient inconnus, que rien n'y pousse aux actions héroïques, sans lesquelles rien de grand ne se conçoit à la guerre? Non, mais l'esprit militaire n'y cherche pas sa principale raison d'être et le meilleur de sa force

(1)

ANNEES	NOMBRE DE DÉSERTEURS	NOMBRE DE DÉSERTEURS RENTRÉS	DÉCHETS	HOMMES ENRÔLÉS	DÉCHETS PAR RAPPORT AU NOMBRE D'HOMMES ENRÔLÉS
1900	6378	2438	3940	49 266	8 %
1901	7686	2689	4997	47 039	10,6 %
1902	7162	2851	4311	50 753	8,5 %

aux sources fécondes du patriotisme ; il n'est qu'une manifestation de l'esprit de corps, il se cantonne dans le régiment, parfois même dans un cercle plus restreint, et c'est assez de la gloire particulière de telle ou telle unité pour convaincre ceux qui lui appartiennent de l'invincibilité des troupes anglaises. Fantassins, cavaliers, artilleurs ont leurs mœurs spéciales et sont soumis à un ordre de préséance qui résulte de la tradition et que consacre la loi. Chaque régiment a ses emblèmes, ses marches et ses sonneries ; il vit d'une vie personnelle et professe pour les autres la jalousie, le mépris ou l'envie. Tout cela provoque une émulation d'origine assez mesquine, mais qui surexcite l'amour-propre du soldat et, sous le feu, lui fait accomplir des prodiges. En 1897, à l'assaut du plateau de Dargai par les Écossais de Gordon, le piper, blessé aux deux jambes, refusa de s'abriter et de cesser de jouer la marche du régiment. « Un piper de Gordon, dit-il, ne se repose pas pour si peu, laissons ces faiblesses aux fantassins de ligne. » Cette appréciation était injustifiée, mais elle peint bien l'esprit militaire anglais.

A côté de l'armée régulière il y a des forces auxiliaires : milice, yeomanry, corps de volontaires, qui se recrutent par engagements, et auxquelles un cadre permanent, détaché de l'armée régulière, donne l'instruction. Dans la milice, on sert six années, dans la yeomanry, ou cavalerie de la milice, cinq années. Le service consiste en un certain nombre de jours ou d'heures d'exercice. Les miliciens ne sont pas contraints à quitter le territoire du Royaume-Uni ; en vain, jusqu'à présent, on a tenté de leur imposer pareille obligation. Un bill, qui la comportait, lu à la Chambre des Lords, n'a pas été voté et le gouvernement l'a retiré.

Les corps de volontaires, comme les miliciens, sont destinés à la défense de la métropole. Leur organisation actuelle date de 1858 ; ils comprennent de l'infanterie, de l'artillerie, du génie, un service de santé, une intendance

et un détachement d'automobilistes et de motocyclistes. Aucune loi ne fixe les conditions de l'engagement, c'est l'affaire de règlements organiques, et un préavis de quinze jours permet de prendre congé. Les volontaires assistent à quelques exercices par an. Ils s'habillent et s'équipent à leurs frais, mais l'État intervient dans l'entretien des corps par des subsides, calculés sur le nombre d'*efficients*, c'est-à-dire d'hommes instruits, qu'ils peuvent mettre en ligne. En toutes circonstances, les volontaires montrent un grand esprit d'indépendance vis-à-vis du pouvoir central; c'est ainsi qu'ils se sont refusés à subir un examen médical sous le contrôle du gouvernement et que, récemment, les volontaires du nord de l'Écosse ont déclaré qu'ils ne se rendraient pas à Édimbourg, où le roi devait les passer en revue, si le *War Office* n'augmentait pas leurs indemnités de déplacement et de séjour. On a, d'ailleurs, rapproché l'attitude du *War Office* lors de cet incident, de l'intention, prêtée au gouvernement, de réduire de beaucoup l'effectif des volontaires : on procéderait à une sélection ne laissant dans les rangs que les hommes possédant une certaine valeur militaire.

Une loi datant de 1757 impose à tout citoyen anglais, sauf certaines exceptions, ou plutôt certaines dispenses temporaires, le service dans la milice, mais l'application en est suspendue tous les ans par un vote de la Législature. Les miliciens se recrutent donc par engagements volontaires et non par une conscription générale de tous les citoyens. Après la guerre du Transvaal, on songea à introduire le service forcé en Angleterre. La question ouverte à peine souleva les plus vives polémiques. « Si on établit le service obligatoire, s'écria lord Salisbury, les jeunes Anglais émigreront. » M. Boodrick fit remarquer que, tout en tenant compte des difficultés d'un système de défense nationale, privé du mode de recrutement que possédaient les autres nations, il convenait de ne prendre aucune mesure contraire au statut en vigueur, aussi long-

temps que la grande majorité de la nation ne se serait pas montrée favorable à l'adoption de la conscription. Celle-ci ayant été proposée indirectement en mai 1904, par l'*Army Council*, nouvel organisme créé à l'instar du Conseil de l'Amirauté, l'opinion publique fut vivement émue. Lord Roberts, l'ancien commandant en chef de l'armée, ne croit pas possible l'application de la conscription aux troupes régulières, c'est-à-dire à celles que la loi appelle à combattre en dehors du territoire national.

En somme, de vifs dissentiments se sont élevés depuis la guerre du Transvaal au sujet du recrutement et de l'organisation de l'armée et, l'accord n'ayant pu être réalisé sur des réformes jugées cependant nécessaires, le *statu quo* a été maintenu. Dans ces conditions, peut-on compter sur la pleine efficacité de la coopération des forces de terre, armée, milice et volontaires à la défense de l'empire, dont, en mai 1905, M. Balfour a exposé le plan ?

Jusque dans ces derniers temps le danger d'une invasion n'avait jamais été envisagé sérieusement en Angleterre ; on estimait que la flotte et les fortifications côtières constituaient une double barrière dont la seule existence était une garantie suffisante. « La dernière chose que je considérerais comme possible, a déclaré M. Balfour, est une invasion par la France. » La Chambre des Communes a applaudi, mais surtout en l'honneur de l'entente cordiale ; l'orateur, on l'a fait remarquer, n'a point démontré que le débarquement d'une armée allemande sur le sol du Royaume-Uni ne pouvait réussir. Aujourd'hui, à toute évidence, on se préoccupe en Angleterre d'une entreprise directe contre les ports et les côtes de la métropole. Tout récemment, à Portsmouth, on s'est livré à des exercices pour se rendre compte de la possibilité de débarrasser la passe de vaisseaux échoués et de s'opposer aux attaques de torpilleurs venant de la haute mer. Le 1er août dernier, lord Roberts, exposant la situation des forces militaires à la Chambre de commerce de Londres, a dit : « L'on doit

faire en sorte non seulement de pouvoir repousser victorieusement toute invasion, mais aussi de convaincre les puissances étrangères qu'une opération de ce genre n'aurait aucune chance de succès ». Ainsi, sur terre, les Indes, où il semblait fatal qu'on se heurtât un jour ou l'autre, et même prochainement, avec la Russie, ne sont plus considérées comme le seul point faible de l'empire.

L'Angleterre consacre 750 millions de francs au budget de la guerre, les Indes 470 millions ; mais Ceylan, Maurice, Hong-Kong n'affectent au même objet que 10 millions, les colonies autonomes que 40 millions. Pour la marine, la métropole seule assume près des 9/10 des charges financières. Une coopération aussi réduite cause quelque surprise ; elle explique que l'effectif des corps coloniaux réguliers, à peine 20 000 hommes, est tout à fait hors de proportion avec l'étendue et la population des colonies. « Le problème se pose, écrit M. Viallate, de l'utilisation de la matière militaire de ces grandes colonies — Canada, Australie, Nouvelle-Zélande, Afrique du Sud — dont la population blanche dépasse 11 millions d'habitants. » Mais il ne s'agit pas ici d'une organisation uniquement destinée à assurer la défense particulière de chacune des colonies, organisation qui existe en germe sous la forme de milices locales, il s'agit que toutes coopèrent à la défense de la communauté. Il faudrait transformer et développer les institutions militaires des colonies et imposer aux troupes coloniales l'obligation de concourir, en quelque lieu que ce soit, à la protection de l'Empire britannique. Jusqu'à présent tout dépend de la bonne volonté des colonies : lors de la guerre du Transvaal, la métropole n'a pu exiger d'elles l'envoi d'un seul homme dans le sud de l'Afrique ; c'est de leur plein gré qu'elles ont fourni d'assez nombreux contingents. Cette situation sera-t-elle modifiée ? On doit avouer que l'exemple de la métropole en matière de réformes militaires, son attitude vis-à-vis du problème du recrutement,

son impuissance à obliger ses volontaires et ses miliciens à servir en dehors du Royaume-Uni, tout cela n'est pas fait pour inspirer aux colonies des résolutions qui rendraient utilisables pour la sécurité commune les ressources en hommes dont elles disposent.

Je terminerai cette étude rapide des forces de terre de l'Angleterre en citant les paroles suivantes prononcées par lord Roberts à la Chambre de commerce de Londres, le 1er août dernier : « Je le répète, je suis sûr que tout militaire ayant quelque expérience de la guerre m'approuvera, quand je prétends que ce serait une insigne folie que de vouloir entreprendre une guerre contre un État civilisé avec des forces organisées comme elles le sont à présent. Cette assertion a, d'ailleurs, déjà été produite, en mai 1904, par la Commission d'enquête sur la guerre sud-africaine, quand elle déclarait que, dans leur organisation actuelle, les troupes auxiliaires étaient incapables de défendre le territoire national. *A fortiori* seraient-elles incapables de prendre part à une guerre contre une armée continentale. »

Ce n'est pas sur ses troupes de terre que l'Angleterre compte, en ordre principal, pour assurer sa défense, c'est sur sa flotte. La renommée de la marine anglaise date d'Élisabeth qui, en s'alliant aux Hollandais, les aida à enlever aux Espagnols l'empire des mers ; Cromwell poursuivit une œuvre si bien commencée et éleva l'Angleterre au premier rang des puissances maritimes. Plus tard la guerre de Sept ans mit les colonies françaises à la merci des Anglais. Ce fut en vain que Napoléon, au comble de sa fortune, déclara le blocus continental et employa contre l'Angleterre tous les efforts de son génie ; elle demeura inattaquable dans son île et finit par porter le coup fatal au grand capitaine. Cependant le glas de la destinée napoléonienne ne sonna pas en 1805, à Trafalgar, mais dix ans après, à Waterloo. Presque jusqu'au terme du XIXe

siècle, ce n'est pas sur mer que le sort des nations se décida. A partir de la guerre du Japon contre la Chine, en 1895, les opérations navales acquièrent tout d'un coup une importance nouvelle et prépondérante : en 1899, l'Espagne est vaincue sur mer par les États-Unis d'Amérique; sur mer aussi, le Japon frappe par deux fois la Russie, au début et à la fin de la grande guerre dont tremblent encore les rivages de l'Extrême-Orient. Pourquoi un changement si soudain ?

Nelson mort, la guerre maritime entra en pleine décadence. En 1809, la flotte anglaise comprenait 709 bâtiments, son personnel était de 140 000 hommes; en 1817, 124 bâtiments seulement restaient utilisables et le personnel était descendu à 19 000 hommes. Toutefois, cela était suffisant. Sur les flots, tout avait cédé à l'Angleterre ; ses escadres s'étaient endormies sur leurs ancres, et il semblait que les luttes ardentes de la veille ne reviendraient plus avant longtemps. L'éventualité d'un rôle militaire de quelque importance paraissait extrêmement reculée. La tâche qui était à remplir consistait dans la police de la mer, dans un métier de gendarmerie maritime au bénéfice des armateurs de Londres et de Liverpool. Les navires de guerre devenaient encore les porteurs des ordres et des volontés de l'orgueilleuse Albion, avide d'étendre sans limite sa souveraineté sur les îles et sur les océans. En 1819, on s'empare de Singapore ; en 1833, des îles Falkland ; en 1838, d'Aden ; en 1839, de Hong-Kong ; en 1840, de la Nouvelle-Zélande. Pour des conquêtes aussi considérables, peu ou point d'actions militaires sérieuses, pas plus que dans les luttes contre le Birman, 1824-25, contre la Chine, 1839-42, contre le dictateur Rosas, à La Plata, 1845. La guerre maritime se mourait faute d'aliments suffisants, faute de compétiteurs qui vinssent, poussés par l'ambition ou la nécessité, tenter d'arracher son sceptre à la dominatrice des mers. Mais le jour où de jeunes nationalités se trouveront à l'étroit dans

leurs frontières naturelles, où leur commerce et leur industrie excéderont leurs besoins, elles tourneront leurs regards vers la mer, dont les flots ont fécondé toutes les grandes civilisations, et la mer redeviendra, comme elle le fut lors des plus importants conflits économiques que nous raconte l'histoire, le théâtre de leurs efforts et le champ futur de leurs combats.

Dans les trois premiers quarts du dernier siècle, les nations civilisées ne cherchaient pas avec l'âpreté actuelle des possibilités de richesse et de prospérité sur tous les points de l'Univers, et ne trouvaient point, jusqu'à leurs antipodes, des motifs continuels de dissentiment. Aussi l'Angleterre était-elle insouciante de tout danger et, sauf quelques perfectionnements apportés à la construction des vaisseaux, ne faisait-elle rien pour le renforcement et l'amélioration de sa flotte. La navigation à vapeur, l'emploi des hélices, la substitution des coques métalliques aux carènes en bois ne retinrent pas immédiatement l'attention. L'on fut longtemps sans se préoccuper de transformer l'artillerie de bord, malgré la remarquable invention du canon à bombes, due, en 1821, au général français Paixhans. En somme, on ne paraissait aucunement se douter de la puissance nouvelle que le progrès scientifique était susceptible de donner à la marine de guerre. La vapeur, victorieuse de la distance et des intempéries, devait permettre l'accroissement des flottes, l'augmentation numérique des équipages, sans causer aucun préjudice, bien au contraire, à la rapidité et à la précision des opérations. Les cuirassements, les bouches à feu de gros calibre, les canons à tir rapide, les torpilles allaient peu à peu rendre les flottes de guerre de terribles instruments de destruction, mais impossibles à improviser. On ne réussit plus, en armant en course de légers vaisseaux marchands, à tenir en échec les escadres ennemies ; le temps des corsaires et des abordages est passé. La stratégie et la tactique navales plus certaines de leurs moyens en ont vu le nombre s'élever et, en proportion de

l'étendue, de la puissance et de la perfection de ces moyens, le but et les résultats de la guerre maritime ont grandi. C'est ainsi que nous assistons à une renaissance, due autant à des raisons techniques et scientifiques qu'à des raisons économiques et politiques.

La guerre de Crimée prouva l'infériorité de la flotte anglaise vis-à-vis de celle de la France. Des vaisseaux à voile la composaient principalement, et ses quelques vaisseaux à vapeur ne possédaient pas les qualités, surtout la vitesse, des nombreux bâtiments de même espèce que comprenait l'autre flotte ; elle manquait de canonnières auxquelles suppléèrent les batteries flottantes françaises. Au lendemain de la guerre, bien que les deux puissances si longtemps désunies se fussent rapprochées pour combattre côte à côte sous les murs de Sébastopol, l'Angleterre eût dû se préoccuper de l'état de sa marine : pendant quelque temps elle n'en fit rien, se fiant probablement aux intentions pacifiques de l'Empire français. Mais, de tels actes traduisirent ces intentions qu'elle s'inquiéta. Napoléon III prétendit protéger la liberté en Europe les armes à la main et, après avoir aidé de cette façon à fonder l'unité italienne, il ceignit son front d'une couronne de lauriers. En 1860, l'année qui suivit l'expédition d'Italie, la France construisit son premier cuirassé ; ce fut le signal d'une impulsion en faveur de la réorganisation de la flotte anglaise. Celle-ci ne possédait alors que quelques vaisseaux à coque métallique et, sur 38 vaisseaux en construction, 20 étaient en bois. En 1868, on compte 28 vaisseaux de ligne cuirassés, mais bientôt la valeur de la flotte demeura stationnaire et, à partir de 1876, elle périclita. Sans doute, de 1850 à 1880, on construisit en Angleterre de nombreux vaisseaux de guerre, mais sans plan défini, sans qu'apparût le souci de donner de l'homogénéité aux bâtiments d'une même classe et de profiter des derniers progrès de la science ; en 1880, des croiseurs, d'une vitesse de 11 à 13 nœuds seulement, étaient encore sur chantier.

Cette même année, l'Angleterre entreprit enfin d'asseoir son établissement militaire naval sur des bases solides ; aussi bien, l'extension des flottes étrangères, de celle de la France surtout, était devenue trop évidente pour qu'elle ne cherchât point à se prémunir contre les dangers qui en pouvaient résulter. Ce sont d'abord des mesures d'organisation : la création, en 1882, d'un service de renseignement, *Intelligence Department*, ressortissant à l'Amirauté et destiné à réunir tous les documents relatifs aux marines étrangères, à leur matériel, à leur armement, à leur tactique, à leur répartition en escadres ou en divisions navales, à leur rôle présumé en temps de guerre ; ensuite, l'institution, en 1884, d'un service d'état-major, ayant principalement pour mission de préparer la mobilisation de la flotte et d'étudier les circonstances de son emploi éventuel. Bientôt après, en 1885, on cherche à perfectionner les aptitudes du personnel pour le service de guerre en procédant à de grandes manœuvres navales annuelles. Puis viennent les décisions capitales : en 1888, l'*Imperial Defense Act*, qui décrète la construction d'une escadre pour la protection du commerce dans les eaux australiennes, et consacre des sommes importantes à la défense des ports et des stations de charbon ; en 1889, le *Naval Defense Act*, vaste programme d'accroissement de la flotte — dont coût 550 millions de francs — qui comporte un total de 60 bâtiments, dont 10 cuirassés, 32 croiseurs protégés et 18 torpilleurs (voir le tableau (1) au bas de la page suivante) à fournir, environ pour les deux tiers, par les chantiers de l'État, et pour le tiers, par l'industrie privée.

Tout cet ensemble correspondait à une nouvelle politique navale, à la fois défensive et offensive. Il s'agissait de garantir la métropole d'une invasion et d'en assurer le ravitaillement en toute éventualité, de protéger la flotte marchande en n'importe quel point de l'océan, de procurer la sécurité aux ports et aux côtes des Indes et des colonies, et de maintenir avec la métropole la liberté des communications. Ce côté défensif est d'une extrême impor-

tance, il y va d'une question de vie ou de mort. En 1850, l'Angleterre pouvait suffire à nourrir les deux tiers de ses habitants, aujourd'hui cette proportion est descendue à un peu plus de 20 °/₀ ; 40 millions d'hommes doivent être alimentés par le dehors. On avait songé à la rénovation de l'agriculture, à la création de vastes greniers, mais c'était chose irréalisable et, en tout cas, précaire; le développement de la marine de guerre a été choisi comme le meilleur moyen de sauver le peuple anglais de la famine, lors d'un péril extérieur.

Le rôle offensif, attribué à la marine, est aussi étendu que le rôle défensif. Elle doit être capable de retenir les flottes ennemies dans leurs ports, ou, si elles en sortaient, de les battre et même de les détruire ; de poursuivre et d'anéantir les croiseurs et les corsaires de l'adversaire ; de bloquer ses côtes, d'y causer le plus de dommage possible ; de capturer ou de couler ses vaisseaux mar-

(1) Classes et vitesses, tonnages approximatifs des vaisseaux à construire en vertu du *Naval Defense Act* (d'après les documents officiels :

	BATIMENTS DE COMBAT (Cuirassés)						CROISEURS PROTÉGÉS						TORPILLEURS		
	1re CLASSE			2e CLASSE			1re CLASSE			2e CLASSE					
	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes	Nombre	Vitesse max. en nœuds	Tonnage en tonnes
A construire par l'industrie privée	4	17 1/2	14150	—		—	5	20	7350	7	20	3400	6	18,75	735
A construire sur les chantiers de l'Etat	4	17 1/2	14150	2	18	9000	4	20	7350	16	19 20*	2575 3400*	12	18,75	735
	8			2			9			23			18		
Totaux	10						32						18		
	60														

(*) Pour 16 d'entre eux.

chands et leurs convoyeurs ; enfin, de l'empêcher de se servir de la mer comme voie de communication.

Le programme de 1889 fut accompli plus rapidement qu'on ne l'avait annoncé. De 1890 à 1896, on lança 20 cuirassés, 19 croiseurs de 1re classe. 42 de 2e classe, 12 de 3e classe. Aujourd'hui la flotte anglaise comprend 428 bâtiments, dont 59 cuirassés, 24 croiseurs cuirassés et 87 croiseurs protégés ; 94 vaisseaux sont en construction, dont 9 cuirassés, 19 croiseurs cuirassés et 1 croiseur protégé (1).

(1) Tableau comparatif des flottes de guerre de la Grande-Bretagne, de la France, de la Russie, de l'Allemagne, de l'Italie, des États-Unis d'Amérique et du Japon, au 16 mars 1905, d'après un document officiel distribué à la Chambre des Communes (les vaisseaux russes internés sont compris dans le tableau).

	GRANDE BRETAGNE		FRANCE		RUSSIE		ALLEMAGNE		ITALIE		ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE		JAPON	
	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction	Construits	En construction
Cuirassés de 1re classe	53	9	20	6	14	8	16	8	14	4	12	13	5	2
" 2e classe	4	—	9	—	4	—	4	—	—	—	1	—	1	—
" 3e classe	2	—	1	—	1	—	9	—	2	—	—	—	—	—
Vaisseaux cuirassés pour la défense des côtes	1	—	13	—	12	—	11	—	—	—	11	—	1	—
Croiseurs cuirassés	24	19	17	8	6	6	4	4	6	4	6	9	8	—
Croiseurs protégés de 1re classe	21	—	7	—	5	2	1	—	—	—	3	—	—	—
" " 2e classe	45	1	16	—	3	—	8	—	5	—	17	—	11	—
" " 3e classe	21	—	16	—	2	—	16	7	13	—	2	—	7	—
Croiseurs non protégés	—	—	1	—	3	—	17	—	1	—	7	—	8	—
Éclaireurs	—	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—
Torpilleurs 1re classe (Vessels)	21	—	15	—	7	—	1	—	11	—	—	—	1	—
Contre-torpilleurs (destroyers)	128	34	31	12	40	63	37	12	13	4	20	—	21	—
Torpilleurs	91	—	238	96	162	10	84	—	128	27	31	1	84	—
Sous-marins	17	23	23	32	13	14	1	1	1	7	8	4	—	—
Totaux	428	94	407	154	272	103	209	32	194	46	118	30	147	2

La réorganisation de la flotte a été menée avec une rapidité surprenante, rappelant celle de Colbert sous Louis XIV (1) ; il est douteux qu'un pareil effort puisse être soutenu encore longtemps. Depuis vingt ans le budget de la marine a plus que triplé ; depuis quinze ans le personnel a doublé, il est actuellement de près de 122 000 hommes. Rien d'étonnant que le recrutement souffre quelque difficulté, comme aussi la constitution d'une réserve suffisante pour la guerre. On se demande si l'Angleterre peut conserver l'assurance de réduire la coalition des deux marines les plus puissantes — la française et l'allemande. D'après les spécialistes, l'écrasement de l'ennemi, pour être certain, exige, toutes choses égales d'ailleurs, une supériorité numérique considérable : cinq contre trois, pour les cuirassés. En 1902, aux 43 cuirassés de la France et de la Russie, l'Angleterre aurait dû en opposer 72, elle n'en possédait que 50, dont 11 vieux d'au moins 25 ans ; on estimait à 250 le nombre nécessaire de croiseurs et de torpilleurs, il n'en existait que 158. Aujourd'hui, l'Angleterre compte, en bâtiments construits et en construction, 68 cuirassés, 131 croiseurs et 112 torpilleurs, mais la France et l'Allemagne atteignent ensemble un total de 73 cuirassés, 124 croiseurs et 434 torpilleurs. La situation est moins bonne qu'en 1902 et il n'est pas à croire qu'elle s'améliore, au contraire. Si donc la formule « plus forte que les deux plus fortes », *two power standard*, n'est plus d'une application pleine et entière, que faut-il penser de cette prétention ambitieuse de la Grande-Bretagne de tenir tête aux marines réunies du monde entier, luttant victorieusement contre tous ses antagonistes européens et forçant au respect le restant des flottes militaires ?

(1) En 1661, lorsque Colbert prit le ministère, la France ne possédait que 30 bâtiments, dont 3 seulement de 60 canons. En 1666, elle en possédait 70, dont 20 brûlots; en 1671, 196. En 1683, sans compter un grand nombre de petits navires, elle disposait de 107 bâtiments de 24 à 120 canons.

En décembre 1904, le chancelier de Bülow disait que le nombre des nations maritimes avait tellement augmenté, qu'aucune puissance ne pouvait se déclarer maîtresse universelle des mers. C'était comme un avertissement donné à l'Angleterre, comme l'expression tempérée de la volonté de l'Allemagne de s'agrandir de plus en plus au point de vue naval. D'une rivalité économique s'accentuant toujours, est née, entre les deux peuples, une rivalité politique, qui engendre, à son tour, une rivalité militaire. Ni d'un côté, ni de l'autre, on n'a entièrement foi dans des assurances pacifiques et l'Allemagne, hâtant l'augmentation de sa flotte, lance deux cuirassés tous les ans. En février 1905, M. Austin Lee, l'un des lords de l'Amirauté, s'exprimait publiquement ainsi : « Il a été fait une nouvelle et complète répartition de la flotte, afin de pouvoir s'opposer à tous les ennemis possibles... Nous n'avons pas tant à ouvrir l'œil sur la France dans la Méditerranée, qu'à regarder avec plus d'anxiété vers la mer du Nord. » Ces paroles visaient un mémorandum du 6 décembre 1904, intitulé *Distribution and Mobilisation of the fleet* — complété par un second mémorandum du 15 mars suivant — qui, après l'*Imperial Defense Act* de 1888 et le *Naval Defense Act* de 1889, marque une troisième et importante étape dans la réorganisation de la défense maritime de l'Empire britannique.

Jusqu'en 1905 (voir le tableau (1) au bas de la page suivante), l'Angleterre ne possédait que trois flottes dans les eaux européennes, celles de la Méditerranée, du Canal et la flotte de réserve ; la première, de beaucoup la plus importante, comprenait, à une unité près, autant de cuirassés que les deux autres. Aujourd'hui quatre flottes sont affectées aux eaux européennes : la flotte du Canal, ancienne flotte de réserve, forte de 12 cuirassés modernes et ayant pour base les eaux métropolitaines ; la flotte de l'Atlantique, ancienne flotte du Canal, forte de 8 cuirassés modernes et ayant pour base Gibraltar ; la flotte

de la Méditerranée, forte de 8 cuirassés modernes et ayant pour base Malte ; enfin, la nouvelle flotte de réserve destinée au relèvement et au renforcement des autres, forte de 6 cuirassés et ayant pour base les eaux métropolitaines. A chacune de ces flottes est adjointe une division de croiseurs. Dans les eaux extra-européennes on ne compte plus que trois groupes de croiseurs : le groupe oriental, Chine, Australie et Indes, le groupe du Cap de Bonne-Espérance, et le groupe occidental, chargé de la surveillance de l'Atlantique, et que l'on désigne sous le nom de *Particular Service*, parce que les bâtiments d'école et d'instruction y sont rattachés ; ce dernier groupe a sa base à Devenport, dans les eaux métropolitaines. Les divisions du Pacifique, de l'Amérique du Nord et des Antilles ont été supprimées.

Deux faits importants ressortent de cette nouvelle répar-

(1) Flottes et divisions de la marine anglaise en février 1905 *(The Stamans Year Book)*.

	CUIRASSÉS			CROISEURS		DESTROYERS	TOTAUX
	1re CLASSE	2e CLASSE	3e CLASSE	CUIRASSÉS	PROTÉGÉS		
Flotte de la Méditerranée	14	—	—	2	10	24	50
Flotte du canal	6	—	—	2	5	—	13
Flotte de réserve	—	6	3	—	9	24	42
Division des croiseurs	—	—	—	6	5	—	11
Chine	4	1	—	1	10	6	22
Cap de Bonne-Espérance	—	—	—	—	6	—	6
Amérique du Nord	—	—	—	—	5	2	7
Pacifique	—	—	—	—	1	1	2
Amérique du Sud-Est	—	—	—	—	1	—	1
Australie	—	—	—	—	6	—	6
Indes Orientales	—	—	—	—	4	—	4
Totaux	24	7	3	11	62	57	164

tition : l'augmentation de la densité navale dans les eaux européennes et, dans ces eaux, le déplacement de la masse principale de la Méditerranée dans la Manche et dans la mer du Nord. Du premier de ces faits il apparaît que l'Angleterre renonce à l'occupation souveraine de tous les océans. Aussi bien, à l'ouest, la grande république anglo-saxonne, forçant les conséquences de la doctrine de Monroë, entend faire du golfe du Mexique et de la mer des Antilles des propriétés strictement personnelles et percer à son profit l'isthme de Panama ; elle donne à ses ambitions l'appui d'un établissement militaire qui, dans ces dernières années, a pris une extension considérable. A l'est, le Japon, rejetant son manteau féodal, a brûlé les étapes de la civilisation ; après avoir vaincu la Chine et conquis, comme le fit la Prusse en Allemagne, l'hégémonie en Asie, il s'est débarrassé pour longtemps de l'ours moscovite. A lui la première place en Extrême-Orient. Sur la surface de la terre se marquent trois pôles d'influence : anglais, anglo-saxons et nippons vont lutter à qui, dans l'avenir, fera de l'un d'eux le centre du monde. En attendant que cette lutte ébranle quelque jour l'Univers, l'on se ménage, l'on cherche à s'unir contre la compétition des autres peuples. Au moment où s'achevait la conférence de Portsmouth, le Japon et l'Angleterre renouvelaient plus étroitement leur traité d'alliance ; éventuellement — c'est du moins admissible — la flotte britannique soutiendrait celle du Mikado et l'armée japonaise prêterait son appui pour la défense des Indes. Avec les États-Unis, point de traité, mais John Bull ne cesse de faire à Jonathan des gestes amicaux, et n'est-ce pas son intérêt ? Le Canada, qui s'accole par d'immenses frontières à la puissante république américaine, est pour l'Angleterre un sujet constant d'inquiétude ; la métropole craint la défection d'une colonie dont l'autonomie est presque une entière indépendance. Par de bons rapports, il faut aussi se ménager vers les

Indes la route de Panama, si quelque événement fermait le canal de Suez.

Ainsi, pour le maintien de l'empire colonial britannique, c'est la politique d'alliance qui prévaut et c'est elle encore qui l'emporte pour la conservation de l'intégralité métropolitaine. Contre l'Allemagne, l'Angleterre se garde au moyen de la France qui lui prêterait le secours de son armée sur le continent. L'entente cordiale est accomplie et, après les incidents du Maroc, pour bien l'affirmer, Albion est allée promener ses cuirassés et ses croiseurs dans la Baltique, dont d'aucuns voulaient faire un lac allemand, et où elle n'avait plus montré ses escadres depuis 1854. Sans doute, la diplomatie a arrondi les angles. La flotte anglaise a été reçue de façon courtoise et officielle, mais l'opinion publique ne s'y est pas trompée. D'ailleurs, le moment psychologique était passé ; quand on commence à tirer le glaive, il ne faut pas s'arrêter ; sinon, il retombe de lui-même au fourreau.

Que croire après cela du néo-protectionnisme britannique, de cette fédération de la métropole et des colonies, se suffisant à elle-même, dédaigneuse de tout appui extérieur, et qui aurait pour adversaire quiconque n'y serait pas incorporé ? Chimère évidemment ! Mais les chimères ont leur valeur, les utopies leur raison d'être, et il reste que la formule de la fédération britannique, rêvée par les impérialistes d'Outre-Manche, sera l'expression véhiculaire de cette plus grande Angleterre dont ils ont l'orgueilleuse hantise. Certes, elle ne s'appliquera jamais à un groupement unitaire de tous les membres de l'Empire fondus dans une nouvelle nationalité, mais elle soutiendra de son prestige l'énergie des hommes d'État, et inspirera au peuple anglais tout entier la fierté qui donne aux nations leur grandeur et qui la leur conserve.

C. Beaujean.

LE TUNNEL

ET

LE CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE

DE LA JUNGFRAU

Ingénieurs et touristes s'intéressent également, mais à des points de vue différents, au gigantesque travail qui se poursuit actuellement à la Jungfrau. Un tunnel et un chemin de fer électrique — vraies merveilles de l'art — vont ouvrir aux alpinistes une voie aisée et sans danger jusqu'au sommet de la célèbre montagne.

Le 25 juillet dernier, cette œuvre gigantesque achevait de franchir une étape considérable : ce jour-là on inaugurait la station de la Mer de glace *(Eismeer)*, située à 3161 mètres d'altitude, en face des masses majestueuses du grand et du petit Fiescherhorn, du Wetterhorn, du grand et du petit Schreckhorn et de l'immense glacier appelé la Mer de glace. Une galerie descendante conduit de la station du chemin de fer à quarante mètres plus bas, aux rives mêmes du glacier.

Mais le spectacle sera autrement grandiose du haut de la Jungfrau (4167 mètres). Là, le regard embrasse un horizon immense où s'enchevêtrent et s'entassent glaciers et pics couverts de neiges éternelles. D'une part et au premier plan, se dressent les cimes du Finsteraarhorn (4275 mètres) et de l'Aletschhorn (4183 mètres). De

l'autre côté de la vallée du Rhône, ce sont les sommets les plus élevés des Alpes Pennines : le mont Rose (4638 mètres), le mont Cervin, le Weisshorn ; et là-bas, bien loin, c'est l'énorme massif du Mont-Blanc (4810 mètres), distant de plus de cent kilomètres.

Jusqu'ici des privilégiés, à l'âme vaillante et aux jarrets d'acier, ont seuls joui de ce spectacle, et ils en ont acheté le plaisir au prix de fatigues considérables et de sérieux dangers. Dans quelques années, tous, les moins hardis comme ceux dont l'ascension de la montagne eût, à mi-chemin, épuisé les forces physiques, y seront conviés et s'y rendront confortablement installés dans les voitures du chemin de fer de la Jungfrau.

Nous nous proposons de présenter, sur cette gigantesque entreprise, une étude d'ensemble mise à jour au moment de sa publication.

Il ne manque pas de livres, de mémoires, d'articles de Revue qui lui sont consacrés : ils s'adressent, pour la plupart, à un public spécial d'ingénieurs et de techniciens. Nous les utiliserons ; mais nous tirerons parti surtout des renseignements recueillis lors des visites des installations et des travaux que nous avons faites en ces dernières années (1).

Notre travail comprendra deux grandes divisions se rapportant, l'une à la partie scientifique de l'œuvre, l'autre à sa partie technique.

La partie scientifique aura quatre sections : la première sera consacrée aux conditions sanitaires et esthétiques de l'entreprise. La seconde et la troisième traiteront de la géologie et de la thermique du sol du massif de

(1) Nous remercions M. K. Liechti, directeur technique, et M. W. Uehlinger, ingénieur, pour les services excellents qu'ils nous ont si aimablement rendus au cours de ces visites. Nous devons de très précieuses indications et nombre de renseignements inédits à M. H. Golliez, professeur de géologie à l'Université de Lausanne, à M. l'ingénieur F. Gianella, à M. le professeur F. Zwicky et à M. J. Hirsbrunner, capitaine d'artillerie à l'armée fédérale ; qu'ils veuillent bien aussi agréer l'hommage de notre reconnaissance.

Jungfrau 4.167 mètres.

FIG. 1. — LA PETITE SCHEIDEGG ET LA JUNGFRAU.

la Jungfrau. Nous aurons l'occasion d'y développer les résultats scientifiques du percement. Enfin, dans la quatrième section, nous exposerons les travaux de triangulation qu'a exigés le tracé de l'axe du souterrain.

La partie technique se subdivisera en deux sections principales, où nous considérerons l'infrastructure du tunnel et la superstructure du chemin de fer. Nous comprendrons dans l'étude de l'infrastructure, le mode de construction du tunnel, la perforation, l'évacuation des déblais, le tir des mines et la ventilation. Nous rattacherons à l'étude de la superstructure les installations motrices hydrauliques, le transport de force, les transformateurs et la ligne à basse tension, la voie, le matériel roulant et l'établissement des stations. Un aperçu des résultats financiers de l'entreprise terminera notre étude.

Un mot de l'histoire et une rapide description du tracé du nouveau chemin de fer vont nous servir d'introduction.

Historique. — Lorsqu'en 1894 feu M. Guyer-Zeller de Zürich demanda au Conseil fédéral suisse la concession du chemin de fer de la Jungfrau, sa prétention fit sourire, et les journaux, toujours prompts à prendre parti, menèrent la campagne contre la concession. Avaient-ils pris la peine d'étudier le projet, présenté sous une forme précise et après une étude approfondie de la question ? Il est permis d'en douter ; mais on aurait tort de trop leur en vouloir. L'idée de construire un chemin de fer électrique jusqu'au sommet de la Jungfrau ressemble si fort, au premier abord, à un rêve, qu'on est excusable de s'y méprendre. Et puis, ce n'était pas la première fois que cette idée était jetée dans le public (1), et la plupart des demandes antérieures de pareille concession étaient marquées au coin d'une telle fantaisie et d'une telle ignorance

(1) Bornons-nous à rappeler le projet Koechlin, le projet Trautweiler et le projet Locher qui admettaient le fond de la vallée de Lauterbrunnen comme point de départ du chemin de fer.

des difficultés à vaincre, qu'elles avaient naturellement jeté le discrédit sur tout projet analogue.

Celui de M. Guyer-Zeller méritait mieux. On finit par le comprendre et par apprécier la noble et généreuse pensée qui le lui avait inspiré.

Il voulait procurer au grand nombre la jouissance, réservée jusqu'ici à quelques-uns, d'un des spectacles les plus grandioses de la nature, en les amenant à contempler l'une des plus belles régions du globe de l'une de ses cimes les plus élevées ; il consacra toutes les ressources de son intelligence et une part de sa fortune à la réalisation de cette entreprise ; et, à sa mort, deux ans à peine après le début des travaux, sa famille prit à cœur de poursuivre l'œuvre si péniblement et si généreusement commencée. Elle a droit à partager, avec l'initiateur de l'entreprise et ses collaborateurs, l'admiration des techniciens et la reconnaissance du grand public. L'ascension pédestre de la Jungfrau dure dix heures et coûte 350 francs en approvisionnements et en salaire des guides et des porteurs. Et que de dangers font courir à ceux qui l'entreprennent les précipices, les crevasses, les avalanches, qui les guettent à chaque pas pour les jeter aux abîmes ! Or, voici qu'on s'offre à y transporter tout le monde à moindres frais et surtout sans fatigue et sans danger. Libre aux touristes hardis ou téméraires de dédaigner le rail ; mais combien d'autres seront heureux d'en profiter ! Aussi, les adversaires de la première heure sont-ils revenus aujourd'hui à des sentiments moins hostiles, voire à des sentiments favorables, maintenant que les travaux suivent leur cours normal et que le succès paraît certain. Quelques-uns même se livrent à une admiration enthousiaste et n'hésitent pas à placer M. Guyer-Zeller au rang des gloires de l'Helvétie.

Description du tracé. — Le point de départ de la ligne est la station de la petite *Scheidegg* du chemin de fer de la Wengernalp, située à 2064 mètres d'altitude (Pl. I, fig. 1).

Les touristes s'y rendent, d'ordinaire, d'Interlaken, par les chemins de fer de l'Oberland bernois. La ligne se bifurque à Zweilütschinen et aboutit d'une part à Lauterbrunnen au sud, d'autre part, à Grindelwald, à l'est (fig. 2).

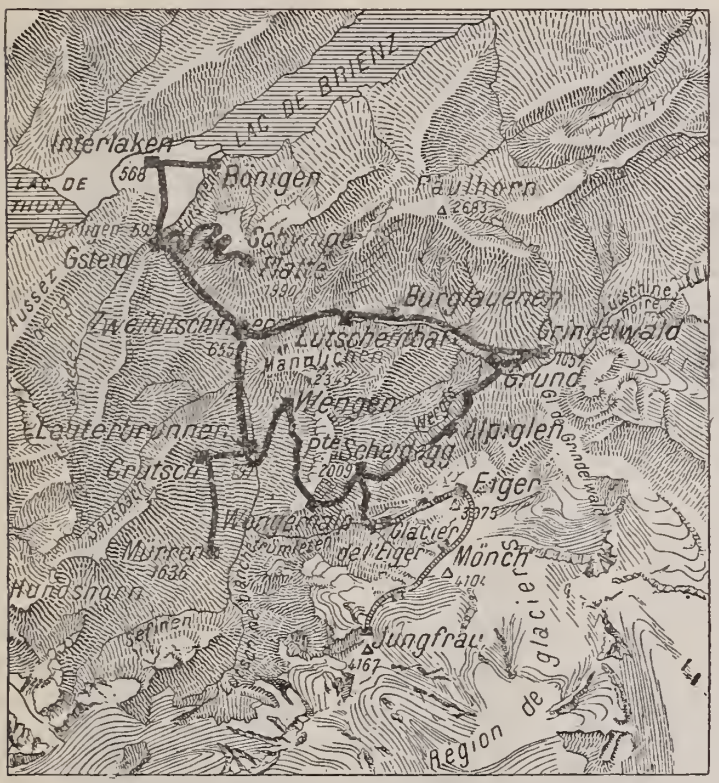


Fig. 2 — Les lignes d'accès au chemin de fer électrique de la Jungfrau.

Le chemin de fer de la Wengernalp réunit ces deux localités en passant par la station de la petite *Scheidegg*. C'est le long de la section de Wengen à la petite *Scheidegg* que l'on jouit des plus belles vues d'ensemble de l'Eiger, du Mönch et de la Jungfrau.

A partir de la petite *Scheidegg*, la ligne se dirige vers l'ouest, passe à côté du Fallbodenhubel, et, sauf un petit

tunnel qu'elle traverse, court à ciel ouvert jusqu'au bord du glacier de l'Eiger *(Eigergletscher)* (Pl. II, fig. 3); c'est là que commence le souterrain.

La ligne actuellement en exploitation se dirige vers l'est, le long de la paroi de l'Eiger, jusqu'à la station d'*Eigerwand*, d'où elle s'infléchit vers le sud, en une courbe de cinq cents mètres de rayon, pour atteindre la station d'*Eismeer* (fig. 4).

De la première station en galerie, *Rothstock*, on peut

Fig. 4. — Le tracé du chemin de fer électrique de la Jungfrau.

Légende : ———— Section à ciel ouvert.
—·—·— Tunnel en exploitation (1905).
..... Tunnel projeté.

atteindre le sommet du Rothstock, situé à 2668 mètres d'altitude, par un chemin taillé dans le roc. La station d'*Eigerwand*, ouverte aux touristes depuis deux ans, est située au kilomètre 2,4 dans le souterrain (Pl. III, fig. 5). Elle est creusée dans le roc, et se compose d'une grande salle, dont la voûte est supportée par des piliers.

Mais la station souterraine la plus importante est celle d'*Eismeer* (Pl. IV, fig. 6); elle est logée dans une immense excavation de près de cent mètres de longueur, ouverte d'un côté par de larges fenêtres, pratiquées dans les flancs de l'Eiger, et d'où la vue porte sur de vastes étendues où pics et glaciers se partagent l'admiration du touriste (Pl. V, fig. 7). Là, et dans le souterrain même, on établira des salles d'attente, des buffets, voire des chambres à coucher,

Eiger 3.975 mètres. Mönch 4.105 mètres.

GLACIER DE L'EIGER.

FIG. 3. — EN VUE DE LA STATION D'EIGERGLETSCHER.

PLANCHE II

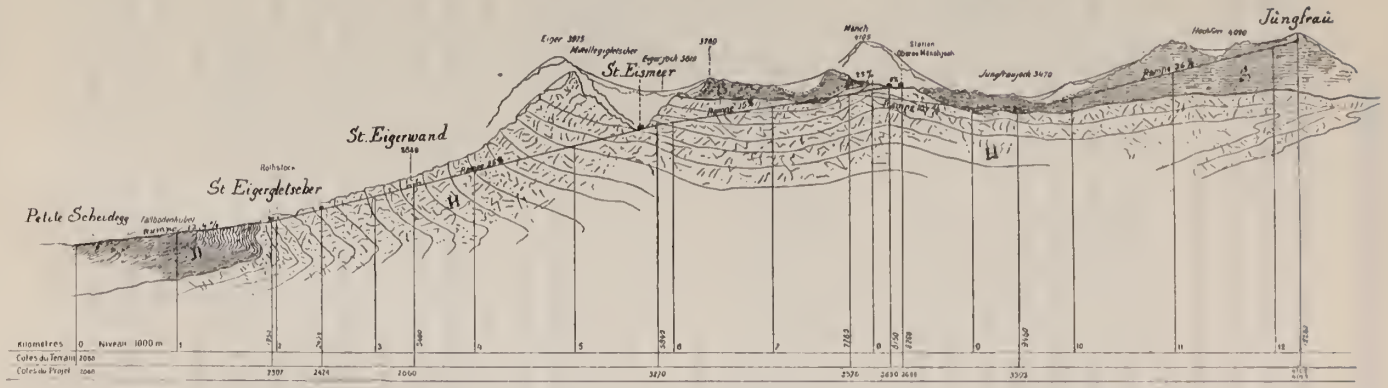


Fig. 8. — Tracé primitif adopté en 1895
et coupe géologique de M. H. Golliez (1895) membre de la Commission d'étude et de contrôle.

Légende : D = Schistes argileux, noirs, noduleux.
H = Hochgebirgskalk.
S = Schistes cristallins.

pour les voyageurs. Les parois, le plafond et le sol seront revêtus de bois ; tous les locaux seront éclairés et chauffés à l'électricité. En somme, on trouvera dans cette station et en son hôtel tout le confort moderne, et cela dans la zone des neiges perpétuelles.

On sait que l'on tente actuellement l'application à l'ascension du Wetterhorn d'un système de transport par câbles, composé de deux câbles porteurs et d'un câble tracteur. Ce système fonctionnera, au point de vue de la stabilité, comme un pont suspendu, avec cette différence que le pont tout entier sera ici en mouvement. Si cette entreprise donne des résultats satisfaisants, le chemin de fer de la Jungfrau emploiera le même système pour l'ascension de l'Eiger en partant de la station d'*Eismeer*.

Le conseil technique du chemin de fer examine en ce moment deux projets bien distincts pour relier *Eismeer* au sommet de la Jungfrau. En principe, la ligne doit traverser le Mönch et passer sous le col de la Jungfrau avant d'atteindre le sommet. Le projet adopté en 1895 (fig. 8) comportait la station du Mönch, à partir de laquelle la ligne était en contre-pente pour le passage du col. Mais cette contre-pente présente l'inconvénient de laisser les locomotives en panne en plein tunnel, en cas d'arrêt du courant électrique. C'est pour éviter cet inconvénient que l'on a proposé, en 1902, de supprimer la station du Mönch, et de relier la station d'*Eismeer* au col de la Jungfrau par un tracé direct à faible rampe (fig. 9). Dans ces conditions, si le courant venait à manquer, les trains pourraient redescendre à la station inférieure par le seul effet de la pesanteur. Toutefois, le projet primitif conserve des partisans. Ils préconisent l'établissement de la station du Mönch (3660 mètres) sur une esplanade, singulièrement favorisée au point de vue climatérique, car la neige ne s'y rencontre que sous une faible épaisseur. Les dimensions du plateau suffisent d'ailleurs à l'établissement d'une

station, d'un hôtel et même d'une remise pour le service du chemin de fer.

Les travaux ont été arrêtés à la fin du mois de novembre, afin de permettre au conseil technique du chemin de fer de fixer le choix du tracé qu'il conviendra d'adopter.

Le projet de la station du col de la Jungfrau *(Jungfraujoch)* prévoit deux percées latérales, dirigées l'une au nord, l'autre au sud, et qui permettraient aux touristes l'accès facile des glaciers de la Concordia, de l'Aletsch et de l'Eggis.

Au delà du col de la Jungfrau, le tracé se continue

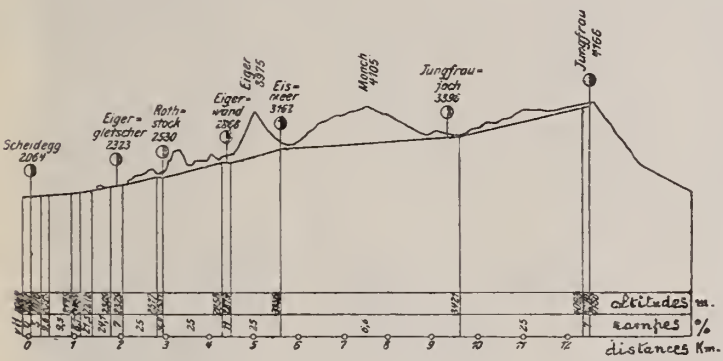


Fig. 9. — Nouveau tracé du chemin de fer de la Jungfrau (1902).

dans les flancs de la montagne, pour déboucher sur une esplanade située à 74 mètres en contre-bas du sommet. Cette esplanade, comme celle du Mönch, n'est jamais encombrée par les neiges ou les glaces et se prête à l'établissement facile d'une station et d'un hôtel. Enfin, un ascenseur vertical transportera les touristes au sommet de la Jungfrau.

Un tracé direct d'*Eigergletscher* à *Jungfraujoch* a été étudié, qui réduisait la longueur du tunnel de deux kilomètres environ ; il a été abandonné à cause de la difficulté que l'on eût rencontrée à percer des galeries latérales d'évacuation des déblais dans les flancs nord de l'Eiger et

du Mönch, sillonnés d'avalanches et couverts de glaciers. Ces galeries latérales ont été pratiquées, dans le projet en exécution, partout où le tunnel se rapproche de la paroi de la montagne : elles assurent la bonne aération du souterrain, tout en facilitant l'évacuation des déblais.

Nous avons réuni dans le tableau suivant les traits caractéristiques principaux des deux projets soumis au conseil technique.

	STATIONS	ALTITUDE	DISTANCE DU POINT DE DÉPART	DISTANCE D'UNE STATION A L'AUTRE	RAMPE MAXIMUM
	Ligne	mètres	mètres	mètres	millimètres par mètre
	Ligne exploitée				
1	Petite Scheidegg. .	2 064	0	2 015	250
2	Eigergletscher . . .	2 525	2 015	1 520	250
3	Eigerwand	2 868	3 535	1 980	250
4	Eismeer	3 161	5 515		
	1er tracé projeté				
4	Eismeer	3 161	5 515	2 431	150
5	Mönch	3 550	7 946	1 711	— 100
6	Jungfraujoch	3 396	9 657	2 786	250
7	Jungfrau (plateau).	4 095	12 443	74 en hauteur	∞
8	Jungfrau (sommet)	4 167	12 443		
	2e tracé projeté				
4	Eismeer	3 161	5 515	3 885	66
5	Jungfraujoch	3 396	9 400	2 800	250
6	Jungfrau (plateau).	4 095	12 200	74 en hauteur	∞
7	Jungfrau (sommet)	4 167	12 200		

Fig. 5. — La station d'Eigerwand.

I

1. CONDITIONS SANITAIRES ET ESTHÉTIQUES

Parmi les objections formulées contre le chemin de fer de la Jungfrau, il faut rappeler celles qui ont trait aux conditions sanitaires et esthétiques ; elles méritent de retenir l'attention, ne fût-ce que pour constater que cette entreprise, comme toute grande œuvre, a fourni l'occasion de mettre au point plus d'une question intéressante.

Les conditions sanitaires se rattachent au mal de montagne, et réclament la solution de la question suivante :

La santé d'un homme bien portant, élevé en deux heures et sans fatigue, de 2000 à 4000 mètres d'altitude, ne souffrira-t-elle pas de la rapide variation de la pression atmosphérique qui en sera la conséquence ?

Le comité central du Club alpin suisse attribue le mal de montagne à trois causes principales : un régime alimentaire mal compris, le surmenage qu'entraîne une marche fatigante, enfin l'abus des excitants alcooliques. M. l'ingénieur topographe, S. Simon, partage cet avis.

Si nous consultons les aéronautes, nous entendons M. E. Spelterini déclarer qu'il n'a observé, au cours des 460 voyages aériens qu'il a entrepris, aucun malaise parmi les huit cents voyageurs, dont bon nombre de dames, qui l'accompagnaient dans ses ascensions ; et cependant, il a dépassé fréquemment la hauteur de 4000 mètres, il lui est même arrivé d'atteindre celle de 6140 mètres (1).

M. le docteur P. Regnard, dans une conférence donnée

(1) Au cours des ascensions de Glaisher (5 septembre 1862) et de Tissandier, Sivel et Crocé (le 15 avril 1875), où il y eut accidents graves et morts par asphyxie, les hauteurs atteintes furent respectivement de 8838 et 8600 mètres.

à la Société de Biologie de Paris (1), émet une opinion rassurante, fondée sur l'expérimentation.

Le savant professeur considère comme inexactes les deux opinions extrêmes qui attribuent exclusivement le mal de montagne soit à la dépression atmosphérique, soit à la fatigue résultant de la marche. En effet, si le mal de montagne tenait uniquement à l'altitude, on l'aurait tous ensemble et chaque fois que l'on atteindrait l'altitude critique. Si c'était une suite de la seule fatigue, on devrait l'avoir en plaine, ce qui n'a pas lieu. Il est vraisemblable que le malaise tient à la fois aux deux causes : un homme qui s'élève dans l'atmosphère, trouve, dans l'air de plus en plus raréfié qu'il respire, l'oxygène qui lui est nécessaire en quantité de plus en plus faible ; mais, s'il n'exécute aucun mouvement, l'asphyxie qui le menace pourra lui être épargnée, puisqu'il dépense économiquement le peu d'oxygène dont il dispose. Au contraire, qu'il vienne à produire un travail considérable en élevant son propre poids ou en s'agitant inconsidérément, l'oxygène, qui lui est mesuré parcimonieusement, deviendra insuffisant, et le mal de montagne, qui n'est qu'une forme particulière d'asphyxie, le terrassera : c'est le cas de l'alpiniste inexpérimenté.

L'expérience suivante, faite par M. le docteur P. Regnard, en fournit la preuve. Sous une cloche à vide, il place deux cobayes : l'un complètement libre, l'autre enfermé dans une cage d'écureuil, mise en mouvement par un petit moteur électrique à vitesse variable. La rotation de la cage oblige l'animal prisonnier à se mouvoir, à *monter* sans cesse pour éviter de tomber en avant, en sorte qu'il accomplit une ascension relative continue. La vitesse de rotation est réglée de telle façon que l'animal élève son propre poids de 400 mètres par heure. En même temps,

(1) COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES des séances de la Société de Biologie, Xe série, tome I, n° 14, pp. 363-368.

une trompe à vide permet de diminuer lentement la pression sous la cloche, où un manomètre indique, à chaque instant, sa valeur. Dans ces conditions, tant que le manomètre n'accuse pas une dépression correspondant à l'altitude de 3000 mètres, les deux cobayes semblent également insensibles; mais, dès que la dépression s'accentue, le cobaye prisonnier tombe fréquemment en avant, et donne des signes manifestes d'angoisse et d'impuissance, tandis que son compagnon reste absolument calme.

A 4600 mètres environ — c'est à peu près la hauteur du Mont Blanc — le voici qu'il se laisse tomber sur le dos, ne remue plus même les pattes et se laisse rouler comme une masse inerte, alors que le cobaye libre est encore parfaitement tranquille. Ce n'est qu'à 8000 mètres — hauteur des Himalaya — qu'il s'agite, roule sur le dos, écume et ne tarderait pas d'expirer si, à ce moment, le rétablissement graduel de la pression atmosphérique sous la cloche ne venait ranimer les deux victimes. Les suites de l'expérience sont intéressantes : tandis que le cobaye surmené par son ascension forcée reste malade le lendemain, l'autre se met à manger moins d'une demi-heure après l'épreuve.

Mais on ne pouvait évidemment s'en tenir à cette expérience de laboratoire.

Au sein de la commission chargée par le Conseil fédéral d'étudier la possibilité et les conditions de l'établissement du chemin de fer de la Jungfrau, se trouvait M. le professeur Kronecker, de Berne, auquel l'examen des conditions sanitaires de l'entreprise fut spécialement confié. Avant de formuler son avis, il fit en montagne une série d'expériences sur des sujets d'âge et de tempérament différents. Voici les conclusions du rapport, solidement documenté et très intéressant, qu'il présenta au Conseil (1).

1° A une altitude supérieure à 3000 mètres, le mal de

(1) *Le Projet du chemin de fer de la Jungfrau*, examiné au point de vue scientifique, technique et financier. Zürich.

montagne atteint tous les sujets, dès que ceux-ci se livrent à un exercice fatigant, mais un même effort, effectué par différentes personnes, occasionne chez chacune d'elles ce malaise à des degrés différents ; pour beaucoup d'individus, les moindres mouvements peuvent produire des attaques inquiétantes.

2° Les diverses régions des Alpes ne provoquent pas avec la même intensité le mal de montagne ; généralement, et toutes choses égales d'ailleurs, les sommets sont moins funestes que les enfoncements abrités.

3° Les personnes bien portantes supportent, jusqu'à l'altitude de 4000 mètres, un transport sans fatigue, sans qu'il en résulte de malaise notable ou de danger appréciable pour leur santé ; mais, dès qu'elles se livrent à des mouvements brusques, elles éprouvent des symptômes désagréables, même menaçants, de troubles circulatoires.

4° On devrait conseiller à tout excursionniste, inaccoutumé à la montagne, de ne pas prolonger son séjour à la station du sommet au delà de deux ou trois heures.

5° Enfin il conviendrait d'éprouver les qualités de montagnard des ouvriers de la ligne et des employés du chemin de fer, avant le début du travail, et éventuellement, il faudrait leur donner le temps et l'occasion de s'acclimater.

De fait, l'expérience réalisée, au cours des travaux, sur les ouvriers du chemin de fer a montré que non seulement le mal de montagne ne les atteint pas, mais que les conditions hygiéniques sont là-haut particulièrement favorables ; les maladies graves sont inconnues dans ce petit peuple de travailleurs, privé, pendant la saison des neiges, de tout contact avec le reste du monde.

Une autre objection que l'on a faite au chemin de fer de la Jungfrau, s'inspire de considérations esthétiques. Des membres de l'Assemblée fédérale se sont demandé si sa construction n'allait pas défigurer la montagne et

enlever aux hautes Alpes le charme de leur beauté sauvage. L'appréhension se conçoit, mais elle n'est point justifiée. La ligne est ici presqu'entièrement construite en tunnel, elle respecte donc tout le décor de la montagne. Sans doute, elle court aussi en partie à ciel ouvert, et on a ménagé des ouvertures dans les flancs du rocher ; mais vient-on à chercher, des sommets voisins et l'œil armé d'une lunette, les stations et la voie ferrée, on a grand mal à les découvrir ; une vue de la paroi de l'Eiger, prise de la mer de glace, montre à peine les larges fenêtres de la station d'Eismeer.

D'ailleurs, on peut différer d'opinion sur l'effet produit par un chemin de fer dans un paysage. Personne ne niera que les vallées de la Reuss et du Tessin n'aient beaucoup gagné par la construction du chemin de fer du Saint-Gothard. Il est permis d'admirer, même au sein d'un superbe panorama, l'effet pittoresque de certaines œuvres d'art, et toutes ne sont pas indignes du cadre qui les entoure.

Encore, dira-t-on, n'est-ce pas une profanation que d'imposer à la montagne ce joug de fer ? Faire l'ascension de la Jungfrau en voiture-salon, est-ce là ce que demandent ces milliers de touristes que les merveilles de la nature attirent chaque année dans ces régions privilégiées ? — A quoi répond tant d'indignation ? Tous ceux qui, de nos jours, courent les montagnes, y sont-ils donc poussés par le sentiment de leur admirable beauté ? Combien n'y en a-t-il pas qui font l'ascension de telle cime uniquement pour la gloriole d'y être montés ou d'avoir atteint le sommet en moins de temps que d'autres, qui les y ont précédés ? Combien n'y cherchent qu'un exercice de sport, où les muscles seuls ont leur part ? Personne ne songe à leur imposer le chemin de fer, mais pourquoi le refuser à tant d'autres, moins bien musclés mais plus sensibles peut-être aux charmes de la nature, et qui, sans lui, en seraient fatalement privés ?

Il est superflu d'insister.

2. ÉTUDE GÉOLOGIQUE DU MASSIF DE LA JUNGFRAU

Les études géologiques qu'a nécessitées le tracé du chemin de fer de la Jungfrau ont été faites par M. Golliez en 1895 et en 1896. Elles ont tout d'abord confirmé la possibilité du projet de M. Guyer-Zeller et lui ont apporté la sanction d'une étude approfondie du terrain et des conditions de réalisation. Disons de suite que les prévisions géologiques de M. Golliez se sont, jusqu'ici, réalisées de point en point. Mais outre ces données pratiques indispensables, l'étude géologique de ce massif, surtout au nord, amena M. Golliez à une interprétation nouvelle de la techtonique de la région. Cette interprétation se rattachait directement aux hypothèses émises en 1882 par M. Marcel Bertrand sur le double pli glaronnais et admettait que les massifs du nord de la chaîne de la Jungfrau étaient formés par une vaste nappe chiffonnée venant du Sud et recouvrant les terrains du Hochgebirgskalk. Cette opinion devait recevoir la consécration du maître lui-même : en 1897, MM. Marcel Bertrand et M. Golliez, étudiant en commun les chaînes nord entre la Kander et le Lac des Quatre Cantons, confirmèrent que toute cette chaîne est le résultat d'un énorme recouvrement venu du sud.

Déjà M. Balzer avait signalé la présence d'intercalations de schistes et de grès dans la paroi nord de la masse de l'Hochgebirgskalk, entre le Schwarzmönch et la Jungfrau, mais ce fait n'était pas accepté comme une démonstration suffisante du plissement secondaire des couches. Les observations faites dans le tunnel sont venues la corroborer. Elles ont permis, en effet, de constater la répétition du grès nummulitique éocène, dans le voisinage des stations de Rothstock et d'Eigerwand (fig. 10), dans des conditions telles que l'on put conclure au chiffonnement de la masse, en apparence homogène, du Hochgebirgskalk. Or le che-

vauchement du massif de la Jungfrau et le chiffonnement des couches qui le composent sont des caractères que l'on retrouve dans la structure si compliquée du massif du Simplon. Ce sont donc des masses énormes que la poussée venue du sud a refoulées vers le nord, sur un parcours

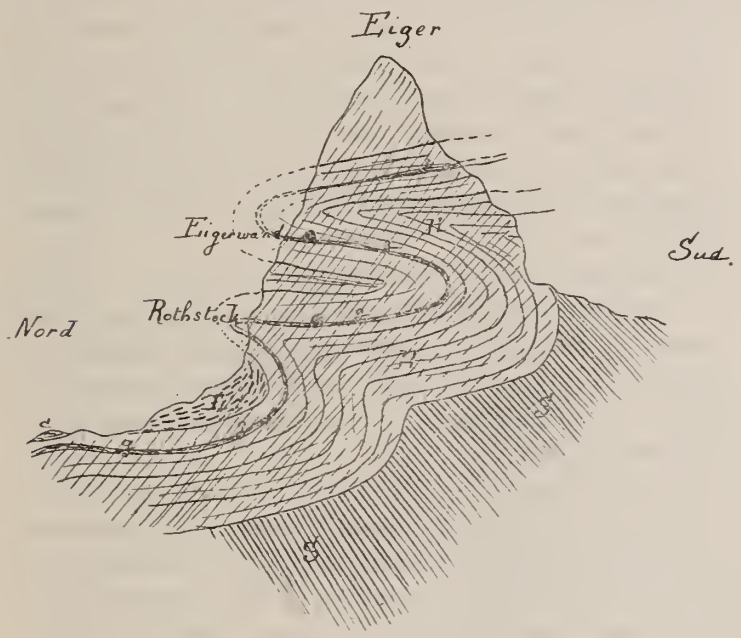


Fig. 10. — Coupe géologique du massif de l'Eiger établie par une projection sur un plan méridien

Légende : S = Schistes cristallins.
H = Hochgebirgskalk.
g = Grès nummulitique éocène.
L = Lias.
C = Crétacé.

de plus de cinquante kilomètres, pour les rejeter sur les terrains sous-jacents d'âge plus récent.

Une description rapide des terrains de la région facilitera l'intelligence de ces bouleversements.

Les roches qui composent le massif de la Jungfrau et que l'on rencontre en suivant le tracé du chemin de fer à partir de la petite Scheidegg, peuvent se grouper en trois

complexes nettement définis : ce sont des *schistes argileux*, *noirs*, *noduleux*, le *calcaire* dit *Hochgebirgskalk*, et des *schistes cristallins*.

Le complexe des schistes argileux, très puissant dans la chaîne des Scheidegg, est formé de schistes très lamelleux, argileux, et d'un noir de graphite. Les nombreuses lamelles de mica qui s'y sont développées, donnent à la cassure de la roche un aspect satiné, qui permettrait de les appeler *schistes luisants* ou *lustrés*. La présence fréquente, au sein des couches, de rognons de matière calcaire ou siliceuse de la grosseur du poing, achève de justifier l'appellation de schistes argileux, noirs, noduleux donnée à ces terrains.

Le raccordement de ce complexe avec son analogue plus fossilifère des Alpes bernoises occidentales et des Alpes vaudoises, fait attribuer ces roches au Dogger inférieur, ou plutôt au Lias supérieur (aalénien), à cause des quelques rares fossiles qu'on y a trouvés, notamment les ammonites Murchisonæ.

Dans la chaîne qui nous occupe, ce terrain se rencontre tout le long de la ligne du chemin de fer de la Wengernalp, depuis Wengen jusqu'à la petite Scheidegg, et jusqu'à Grindelwald. Ces schistes sont traversés çà et là par des bancs peu épais du calcaire gris compact du Hochgebirgskalk sous-jacent. D'après B. Studer, le fondateur de la géologie de ces contrées, le Hochgebirgskalk comprend un ensemble de calcaires, en bancs de diverses épaisseurs, d'aspect marbré ou de texture semi-cristalline. Ces bancs caractérisent les hautes Alpes bernoises, et l'on peut dire que c'est l'étude de la chaîne Eiger-Mönch-Jungfrau qui a fourni et justifie l'appellation de Hochgebirgskalk.

Jusqu'ici ces roches avaient été attribuées par tous les géologues au Malm, c'est-à-dire au Jurassique supérieur. M. H. Golliez croit pouvoir les considérer comme un ensemble de terrains compris entre l'Oxfordien et le

calcaire nummulitique, en sorte que, d'après ce savant géologue, ces couches s'étendraient du Jurassique supérieur à l'Éocène. Un point important pour les techniciens, c'est la remarquable homogénéité apparente de ce complexe et son énorme épaisseur. Dans cet ensemble, en effet, on ne rencontre que des calcaires durs, en bancs épais de plusieurs mètres, ou tout au moins en plaquettes difficiles à séparer. Le plus souvent ces calcaires sont gris clair, mais on en rencontre de teinte foncée et même de noirâtres et d'aspect marbré. Quant à la puissance du Hochgebirgskalk, on en juge aisément par les énormes remparts calcaires de la chaîne Eiger-Mönch-Jungfrau. L'Eiger lui-même, de sa base — au col de la petite Scheidegg — jusqu'au sommet, est formé de ces roches, ce qui représente un massif de plus de 1400 mètres de hauteur verticale, massif, il est vrai, replié sur lui-même.

Les sommets du Mönch et de la Jungfrau sont formés de roches cristallophyliennes, et, en particulier, de gneiss et de schistes cristallins dans l'acception générale du terme. Ces roches cristallines sont paléozoïques et formées d'un ensemble de schistes métamorphiques micacés, que l'on trouve dans le voisinage, à l'entrée des vallées de Stechelberg et des deux glaciers de Grindelwald, et même plus loin, à l'entrée du Valais, du Hasli et de la vallée de la Reuss. Ces schistes micacés représentent des sédiments puissamment métamorphiques, traversés par des filons de granit dont l'épaisseur est très variable : elle atteint parfois jusqu'à vingt mètres, et se réduit souvent à une simple infiltration entre les lames de micaschiste, pour former du gneiss. L'endomorphisme, ou l'influence des roches encaissantes sur le magma éruptif, a donné lieu à des formations abondantes de biotite, d'amphibolite et de séricite d'une extrême variété. L'ensemble de ces roches mérite donc bien le nom de *schistes granitisés* que l'école moderne lui a donné.

En somme, le massif Eiger-Mönch-Jungfrau est donc

constitué de trois ensembles de roches complexes, allant du paléozoïque jusqu'à la base du tertiaire. Il est intéressant d'étudier les rapports qui relient entre eux ces éléments divers.

Les massifs calcaires de l'Oberland bernois, en contact avec les couches schisteuses qui les bordent au nord, soulèvent un des problèmes les plus importants de la géologie de l'Helvétie. Le contraste entre ces deux contrées est frappant : les escarpements formés par les terrains calcaires plus récents dominent fièrement les terrains schisteux plus anciens, qui s'étalent à leurs pieds ; en plusieurs points, ces terrains schisteux s'enfoncent même dans les calcaires, et il était permis autrefois d'admettre qu'ils pouvaient se raccorder en profondeur avec les terrains du même âge, connus sous le nom de *Zwischenbildungen*, et qui s'intercalent plus au sud entre le gneiss et les mêmes calcaires.

M. Balzer et M. Moesch ont étudié chacun de ces terrains séparément, sans envisager leurs rapports mutuels. Le premier essai de rapprochement fut tenté par M. A. Heim. Il fit une série de coupes et les interpréta en supposant un double pli, qu'il décomposa en pli du nord et pli du sud. En 1882, M. M. Bertrand émit le premier l'hypothèse d'un énorme pli couché : la charnière serait formée du pli du nord, alors que la base serait composée du pli du sud de M. A. Heim. Cette hypothèse avait contre elle l'amplitude considérable du mouvement qu'elle suppose et la difficulté de fixer les limites de cette masse étrangère, en précisant où elle se termine et où réapparaissent les terrains en place. Aussi fallut-il attendre que les remarquables travaux de M. H. Schardt, dans les Préalpes, de M. Golliez dans les Alpes bernoises et ceux de M. M. Lugeon dans le Chablais, eussent démontré le rôle des grands déplacements horizontaux, pouvant atteindre jusque cinquante kilomètres, pour préparer le triomphe de l'hypothèse de M. M. Bertrand. Encore la

solution du problème réclamait-elle des études de détail, des observations longtemps et soigneusement répétées, comme celles de M. H. Schardt, de M. Golliez et de M. M. Lugeon. On ne les a pas négligées. Dans leur mémoire très documenté, MM. Marcel Bertrand et H. Golliez ont fait faire un progrès important à la théorie des masses de recouvrement dans la région de l'Oberland bernois, en établissant la continuité de la bande nummulitique, entre l'Aar et le Kander, l'allure plongeante des

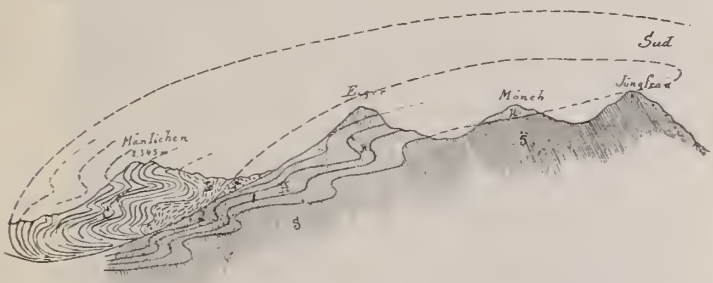


Fig. 11.— Coupe géologique du massif Männlichen, Eiger, Mönch, Jungfrau par M. H. Golliez (1905).

Légende : S = Schistes cristallins.
H = Hochgebirgskalk.
N = Calcaire nummulitique du Fallbodenhubel.
L = Lias.
C = Crétacé.

plis au sud et l'absence de racine pour une partie au moins des massifs situés au nord (Groupe de Schilthorn) (1). On ne peut dire toutefois que le problème soit définitivement résolu. Mais il faut ajouter que la démonstration du chiffonnement des assises, fournie par le percement du tunnel de la Jungfrau, sans présenter le caractère d'une preuve décisive, fournit cependant un témoignage favorable à l'hypothèse de M. H. Golliez et aidera certainement l'étude du massif des hautes Alpes bernoises. La

(1) *Les Chaînes septentrionales des Alpes bernoises.* BULLETIN DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, 3e série, t. XXV.

simple comparaison des coupes géologiques de M. H. Golliez fait voir les progrès accomplis, grâce au percement du tunnel, dans la connaissance de la structure intime du massif (fig. 8 et 11).

Mais, la nature géologique des terrains traversés par le nouveau chemin de fer nous intéresse ici à un autre point de vue encore. Dans l'établissement d'un ouvrage d'art dans les conditions et de l'importance du tunnel de la Jungfrau, la question des matériaux de construction est capitale, et le fait que la voie souterraine a ici une longueur considérable, la rend plus importante encore : il est manifestement avantageux d'éviter les maçonneries, d'un prix toujours élevé. Mais il faut que les terrains s'y prêtent.

Les travaux effectués dans les schistes noirs noduleux sont tous à ciel ouvert : nous n'avons pas à nous en occuper.

Le tunnel traverse, dès son origine et sur la plus grande partie de son parcours, les calcaires du Hochgebirgskalk. Dans la section achevée du souterrain, les parois se maintiennent parfaitement sans aucun revêtement en maçonnerie. Ces résultats répondent aux prévisions de M. H. Golliez, qui avait été appelé à se prononcer sur cette question importante (1). L'avis de l'éminent géologue se basait sur la façon dont la roche se comporte dans la montagne et au laboratoire. Ainsi, dans la région de l'Eiger, partout où règne le Hochgebirgskalk, se dressent des parois tellement abruptes que la neige même a peine à s'y fixer ; cependant les éboulis sont très rares à leur base, ce qui prouve bien qu'elles résistent victorieusement aux agents atmosphériques. Près de Lauterbrunnen, la grande paroi d'où tombe le Staubbach est faite de Hochgebirgskalk. Les célèbres gorges de l'Aar sont taillées dans les mêmes calcaires. Tous les touristes

(1) H. Golliez, *Résumé des études géologiques du tracé du chemin de fer de la Jungfrau*, concession : Guyer-Zeller, Zürich.

Fig. 6. — La station d'Eismeer.

admirent ces murailles qui résistent fièrement à mille causes de destruction, et conservent leur allure verticale sur une hauteur considérable. D'autre part, les essais de désagrégation, pratiqués au laboratoire sur des échantillons de ces roches, n'ont donné aucune trace de gélivité. La nature apporte donc à l'art, dans le percement du tunnel de la Jungfrau, un généreux concours.

La dernière section du souterrain sera construite dans les schistes cristallins et les gneiss. Ces roches sont moins homogènes que les calcaires ; elles permettront cependant de tenter l'essai d'un passage sans revêtement en maçonnerie. Il est possible que la traversée des gneiss, en bancs suffisamment épais, se fasse comme celle du Hochgebirgskalk; mais il sera prudent de recourir à la maçonnerie dans la traversée des couches plus schisteuses et plus feuilletées.

Remarquons enfin que c'est aux variations de température surtout qu'est due la désagrégation des roches. Or, si l'on excepte une couche superficielle de faible épaisseur, nous allons voir que les roches du tunnel se maintiennent à une température presque invariable.

3. THERMIQUE DU SOL DANS LE TUNNEL

Dans les sections du tunnel actuellement ouvertes à l'exploitation, les observations thermométriques n'auraient présenté qu'un médiocre intérêt ; aussi ne les entreprendra-t-on qu'au delà de la station d'Eismeer, lorsque le souterrain pénétrera dans la zone des températures aériennes franchement négatives. L'utilité de ces observations se conçoit aisément : elles fournissent des renseignements précieux sur la distribution des températures à l'intérieur du sol, et un contrôle nécessaire aux procédés empiriques auxquels on est généralement réduit pour les calculer. Nous suivrons, dans notre exposé, l'étude de M. Golliez.

On sait que l'on détermine la température probable, à une profondeur donnée, en une région déterminée, en recourant aux données suivantes : la température moyenne annuelle de l'air, la profondeur de la couche à température constante, et la valeur du degré géothermique applicable dans la région considérée.

Ces données ne sont pas directement fournies par l'observation, mais elles s'en déduisent avec une approximation plus ou moins grande et de diverses façons. Ainsi, la température moyenne annuelle de l'air dans une région de niveau supérieur à celle où des observations thermométriques ont été faites, s'évalue par l'application de la loi de la décroissance de la température avec l'altitude dans ces contrées, à partir d'une origine d'altitude et de température moyenne annuelle connue.

Nous appelons *degré aérothermique* d'une région donnée, la variation d'altitude entraînant une diminution d'un degré dans la température de l'air à un instant déterminé.

Les observations météorologiques ont permis d'évaluer le *degré aérothermique moyen annuel* dans les Alpes : il vaut 170 mètres ; en n'utilisant que les observations faites en été, il se réduit à 143 mètres, et il atteint, pour celles de l'hiver, jusque 222 mètres.

Quant à la température prise comme point de repère, il y a manifestement avantage à la choisir à une altitude aussi élevée que possible, puisque l'on diminue ainsi l'erreur qu'entraîne l'introduction dans les calculs d'une valeur plus ou moins exacte du degré aérothermique. D'autre part, il importe aussi que cette température initiale puisse être contrôlée par un grand nombre d'observations. Ce sont ces raisons qui ont amené M. Golliez à choisir, pour point de repère, le Saint-Bernard, situé à l'altitude de 2478 mètres et dont la température moyenne annuelle, déduite d'une série de vingt-sept années d'observation, peut être fixée à —1°,76.

La température moyenne annuelle au sommet de la Jungfrau a été déterminée, par le calcul, de deux façons différentes. En adoptant le degré aérothermique moyen annuel de 170 mètres, à partir du Saint-Bernard, et les caractéristiques du point d'origine que nous venons de donner, on trouve —11°,69. Des calculs analogues, effectués sur le degré aérothermique mensuel fourni par les observations météorologiques des Alpes, et sur les températures moyennes correspondantes observées au Saint-Bernard, donnent —12°,2. L'écart, on le voit, est peu considérable.

La température moyenne, en été, au sommet de la Jungfrau, serait de —5°,5, valeur très voisine de celle observée au sommet au Mont-Blanc (—5° à —6°) par M. Vallot. Le diagramme ci-joint (fig. 12) montre nettement l'allure des résultats du calcul relatifs à la détermination théorique de la température moyenne annuelle et de la température moyenne de l'été, le long de la paroi, dans le voisinage du tunnel. Ce même tableau donne, en outre, les températures correspondantes dans le souterrain. Nous allons en dire un mot.

On savait que la profondeur de la couche du sol à température constante est peu considérable dans ces régions élevées, que l'on a assimilées aux contrées septentrionales. Mais, dans ce domaine des neiges perpétuelles, il fallait se rendre compte de l'influence de l'épais manteau d'hermine qui recouvre le sol. Les sondages, effectués au sommet du Mont-Blanc sous la direction de M. l'ingénieur Imfeld, et les observations de M. Vallot ont confirmé cette conclusion formulée pour la première fois par M. Golliez, que la glace fonctionne comme le sol au point de vue thermique, c'est-à-dire qu'elle possède également une couche à température constante, au voisinage de la surface. La profondeur moyenne de cette couche à température constante, mesurée à partir de la surface, serait, dans le sol comme dans la glace, de 6 à 10 mètres environ dans ces régions.

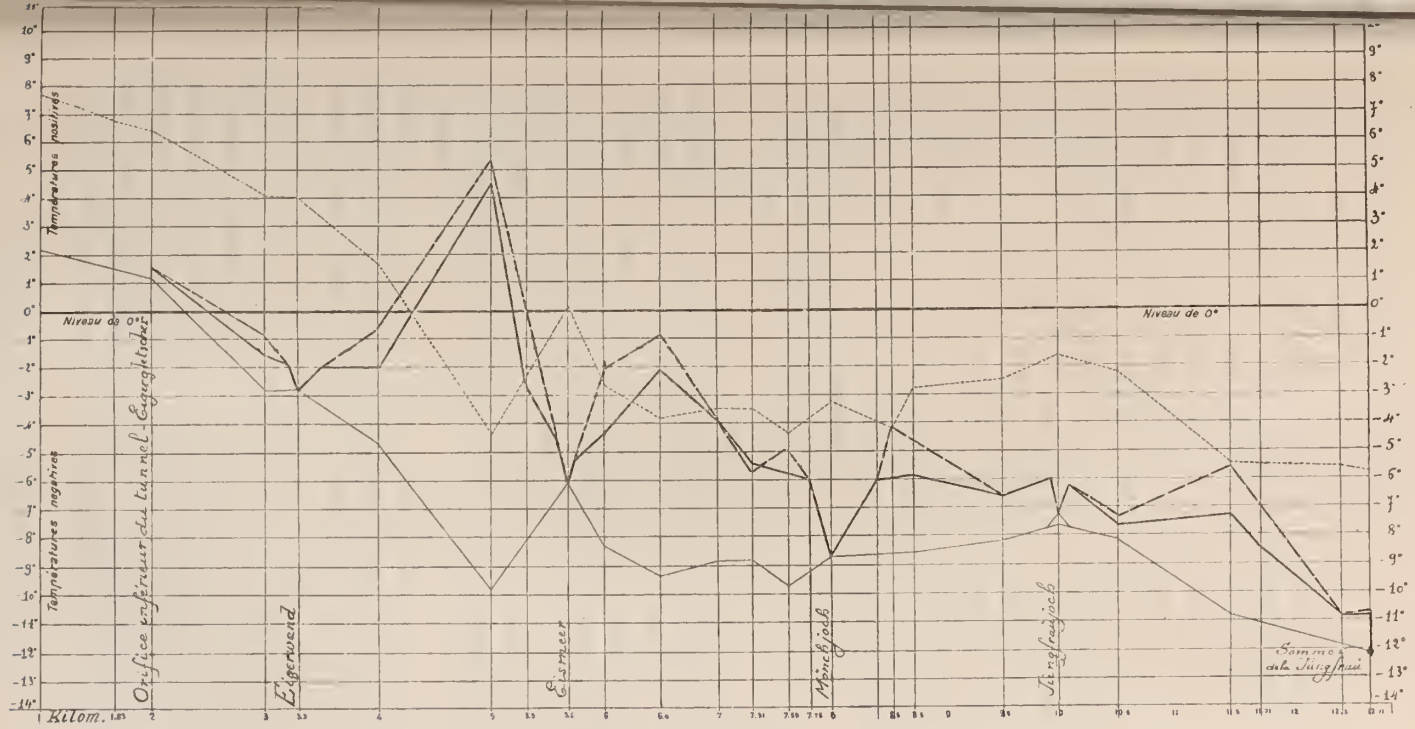


Fig. 12. — Diagramme des températures probables au tunnel de la Jungfrau.

Légende : ——— Température moyenne à la surface, le long du profil en long.

- - - - - - - - » » de l'air en été à la surface le long du profil en long.

▬▬▬ » » du roc au niveau du tunnel par la méthode de la plus courte distance d,

— — — — » » » » » » » » hauteur verticale h.

L'expérience faite au Simplon (1) a montré l'extrême variabilité du degré géothermique due à la structure des terrains et surtout aux venues d'eau. Celles-ci ne sont pas à craindre ici, grâce à la température relativement basse qui y règne ; et, de fait, la traversée de l'Eiger, aujourd'hui terminée, s'est accomplie dans un roc absolument sec.

Afin d'être fixé, au moins d'une manière approchée, sur les températures t que l'on devait s'attendre à rencontrer dans le souterrain, on les a calculées par les formules de Stapff, soit en fonction de la hauteur verticale du sol, h, on a alors $t = \theta + 0{,}02079\, h$; soit en fonction de la plus courte distance d à la paroi, ce qui donne $t' = \theta' + 0{,}02159\, d$. Dans ces formules, t et t' sont les températures du point d'affleurement de la hauteur verticale h et de la plus courte distance d. La valeur du degré géothermique supposée est de 47 mètres environ. Les résultats du calcul des températures t et t' dans le souterrain, fournis par ces formules, sont donnés dans le diagramme (fig. 12). De ces deux températures du sol au niveau du tunnel, c'est à celle que donne l'emploi de la plus courte distance qu'il convient d'attribuer le plus d'importance, car le tunnel longe souvent les parois de rochers à quelques mètres seulement. D'ailleurs, les deux déterminations auront leur valeur dans l'étude thermique de chaque point particulier. On remarquera que la courbe qui traduit ces données met nettement en évidence ce fait important : dans la majeure partie du tunnel, la température sera inférieure à zéro degré centigrade. Que peut-on prévoir de l'influence de ces basses températures sur la désagrégation des roches, et quelles conditions imposent-elles à la construction du tunnel et de la voie ?

Au sein même du tunnel, la température restera sensiblement stationnaire, grâce à sa situation dans les couches

(1) H. Schardt, *Les Résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon*, géologie-hydrologie-thermique. BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE, Lausanne, 1905.

profondes du sol, et à la petitesse vraisemblable des variations que leur fera subir le mouvement de l'air dû à la ventilation naturelle et à l'exploitation du chemin de fer. Dès lors, on n'a pas à redouter les effets désastreux des variations brusques et considérables de la température sur ces roches, d'ailleurs si résistantes et si peu gélives.

Au voisinage de l'orifice et aux stations d'Eigerwand et d'Eismeer, la température subira manifestement des fluctuations quotidiennes, mais la ventilation naturelle en

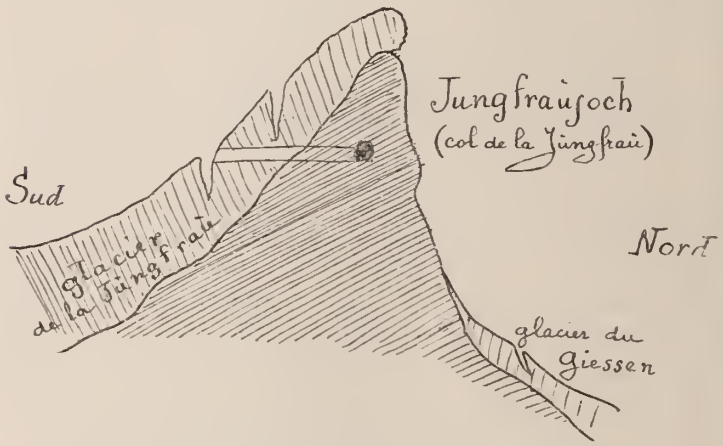


Fig. 15. — Profil en travers du massif au col de la Jungfrau.

resserrera les limites, et elles seront inoffensives, tous ces points étant situés en plein massif de l'Hochgebirgskalk, dont nous connaissons la résistance à la désagrégation.

Quant à l'influence de la température du sol sur les constructions, elle est plutôt favorable, puisqu'au delà de la station d'Eismeer, le souterrain tout entier restera à une température inférieure à zéro, en sorte que les travaux de maçonnerie, l'édification des bâtiments, la pose de la voie, se feront sur roc gelé.

Une difficulté se présente pour le passage sous le col de la Jungfrau dont le flanc sud est complètement couvert de glaciers (fig. 13). A quelle profondeur convient-il de

Massif du Schreckhorn.
Glacier supérieur de Grindelwald.

Massif du Fiescherhorn.

MER DE GLACE.

FIG. 7. — FENÊTRE DE LA STATION D'EISMEER. UNE PARTIE DU PANORAMA DES ALPES BERNOISES ORIENTALES.

construire le tunnel pour le maintenir dans le roc ? Au début des travaux, on projetait d'exécuter des sondages dans le glacier de la Jungfrau pour déterminer son épaisseur. Ils n'ont pas été faits jusqu'ici. Le comité technique du chemin de fer se propose même de s'en passer. L'épaisseur du glacier sera déterminée le long de l'arête nord du col, à peu près verticalement au-dessus du souterrain. On descendra les observateurs le long de cette paroi jusque sur le roc. D'après les évaluations déjà faites par M. Golliez, l'épaisseur de la glace au col serait de 75 à 100 mètres. Le tunnel étant beaucoup plus bas, il se maintiendra sûrement dans le roc.

Aucune difficulté ne se présente au sommet même de la Jungfrau. Le roc affleurant s'y montre à 8 mètres plus bas que le sommet proprement dit, et à 50 mètres environ en arrière. Il ne faut toutefois se faire aucune illusion sur les promenades que le touriste pourrait faire sur le sommet : il est vertigineux. C'est une lame de roc et de neige à paroi verticale au nord, à pente effroyablement raide au sud. L'ascenseur vertical, qui débouchera dans les rochers, se terminera en tourelle avec plateforme de laquelle le touriste pourra jouir, en toute sécurité, de l'incomparable spectacle du sommet de la Jungfrau.

4. TRAVAUX DE TRIANGULATION EXÉCUTÉS POUR LE TRACÉ DE L'AXE DU TUNNEL

Deux méthodes distinctes ont été appliquées pour déterminer la direction du percement : les procédés ordinaires de la topographie et la métrophotographie ou la photogrammétrie des Allemands. L'une et l'autre de ces méthodes exigeaient que la région traversée par le souterrain fût d'abord couverte d'un réseau de triangles, s'appuyant sur les principaux sommets voisins. On y a joint six signaux sur le flanc nord-est de la petite

Scheidegg, et une série d'autres signaux, disposés sur la paroi de l'Eiger et du Mönch longée par le chemin de fer, aux endroits prévus pour les stations et en quelques points intermédiaires correspondant aux galeries latérales d'évacuation des déblais.

C'est M. le professeur C. Koppe, chargé jadis des travaux de triangulation au tunnel du Saint-Gothard, qui a inauguré le travail en y employant la métrophotographie. Après avoir établi un canevas, en y comprenant les signaux correspondant à la station voisine de l'orifice du tunnel (1), il a calculé toute cette partie du réseau après l'avoir rattachée à une petite base de $172^{m},81$, mesurée sur le plateau de la gare de la petite Scheidegg. Le système de coordonnées rectangulaires qu'il avait adopté avait la base pour axe des x, et pour axe des y une perpendiculaire à cette base, le plan fondamental étant le plan horizontal passant par le plateau de la petite Scheidegg. Après une saison passée sur le terrain, M. C. Koppe dut renoncer à poursuivre son travail, sa santé ne lui permettant pas d'affronter les excursions dans la haute montagne. Le travail fut alors confié à M. l'ingénieur F. Gianella. Dans le but d'éviter les erreurs qui se sont produites lors du percement du Saint-Gothard, par suite de l'altitude trop élevée de la base, mesurée dans la plaine resserrée d'Andermatt, M. F. Gianella rattacha le réseau de M. C. Koppe à la triangulation fédérale suisse et, notamment, aux signaux du second ordre des environs, le Schilthorn (2974 mètres), le Männlichen (2345 mètres), le Faulhorn (2684 mètres) et le Schwarzhorn (2930 mètres) (fig. 14). En outre, il réduisit au niveau de la mer la triangulation de M. C. Koppe, projetée, nous l'avons dit, sur l'horizon du plateau de la petite Scheidegg, afin de pouvoir adopter

(1) *Die photogrammetrischen Studien und deren Verwertung bei den Vorarbeiten für eine Jungfraubahn*, von Dr C. Koppe. SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG, Bd. XXVII, nos 23, 24 et 25. — *Photogrammetrische Arbeiten für die Jungfraubahn*, von Dr C. Koppe. IBID., Bd. XXVIII, nos 11 et 12.

les coordonnées fédérales, dont l'axe des x est dans le plan méridien et l'axe des y dans le plan d'un petit cercle terrestre.

Un signal placé au sommet de l'Eiger (3975 mètres),

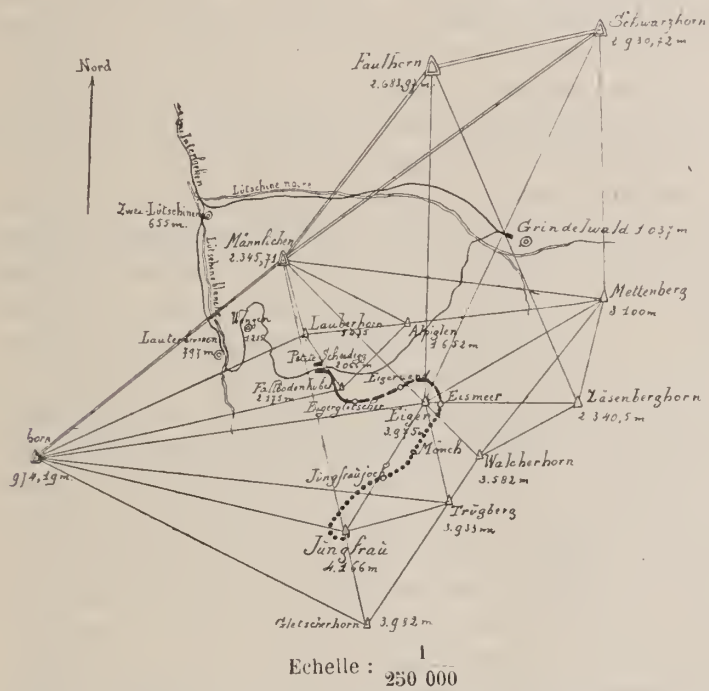


Fig. 14. — Carte de la triangulation exécutée pour le tunnel de la Jungfrau.

Légende: ——— Section du chemin de fer à ciel ouvert.
— — — — Section achevée du tunnel.
.... Section du tunnel à construire.
△= sommets et triangles du réseau fédéral.
△— sommets et triangles pour la triangulation du tunnel.

bien déterminé par rapport aux quatre points fédéraux indiqués précédemment, a permis de relier entre eux et au réseau fédéral du second ordre les deux séries de triangles qui s'étendent sur les flancs nord et sud du massif. Le réseau de la triangulation étant ainsi parfaitement déterminé, on a choisi les orifices et le tracé du tunnel de

façon à ne pas sortir de la montagne, et le calcul a achevé de déterminer la position exacte des stations et des orifices latéraux par rapport au canevas de la triangulation. Enfin, on a fixé sur le terrain, à l'aide de signaux, ces positions des stations et des orifices. La vérification s'est faite aisément à l'aide de nouveaux levés, exécutés sur l'ensemble de tous les anciens sommets et signaux, et sur les treize nouveaux sommets et les signaux déterminés par le calcul. Ce travail de vérification a été exécuté par M. le professeur F. Zwicky.

Les signaux placés au sommet des montagnes sont formés de deux planchettes en croix, fixées sur une perche. solidement bétonnée dans la roche. Sur les parois presque verticales, on a fait usage d'échiquiers à quatre carreaux, blanc et rouge, fixés par un boulon en fer scellé au centre. Comme il convenait de faire à la fois des levés d'azimut et des levés en hauteur, on a employé un théodolite à répétition. Le cercle horizontal mesurait 200 millimètres de diamètre ; il avait quatre verniers qui permettaient d'effectuer les lectures de 5″ en 5″. Le cercle vertical, d'un diamètre de 150 millimètres, portait deux verniers, et les lectures se faisaient de 10″ en 10″. Un personnel d'élite accompagnait le topographe et emportait les provisions nécessaires à un séjour dans la montagne, permettant des observations du lever au coucher du soleil.

L'exactitude des pointés dépend de l'état de l'atmosphère et de la clarté du jour. Par temps ordinaire et température normale, l'erreur sur la mesure d'un angle, après six répétitions, pouvait atteindre ± 5″. En l'absence du vent et par un ciel sans nuages, l'erreur pouvait s'abaisser à ± 2″. Une rigoureuse exactitude dans ces mesures n'a pas ici l'importance capitale qu'elle avait dans l'entreprise du percement du Simplon. Là, le front d'attaque était double : ici il est unique, on n'a donc pas à se préoccuper de la coïncidence des axes dans le souterrain. En outre, le déplacement de quelques mètres d'une station

ou d'un orifice d'évacuation est sans influence sur le résultat du percement. Mais il faut ajouter que le développement des travaux de triangulation n'en a pas moins été l'objet de soins excellents. La preuve en est que pour la section Eigerwand-Eismeer, la déviation de l'axe du tunnel n'atteignit que 1', soit une déviation latérale de $0^m,30$ et une déviation verticale de $0^m,50$.

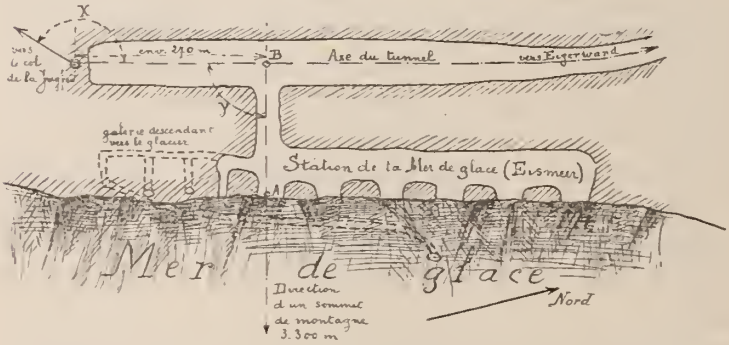
L'observation ayant fourni la valeur des angles du réseau de la triangulation de la Jungfrau, le calcul a permis de déterminer la longueur des côtés de ces triangles et par suite les coordonnées des sommets ; la valeur adoptée pour chacun d'eux, est la moyenne arithmétique de la série des valeurs déduites par le calcul de l'observation directe. Il fallut faire appel aux procédés trigonométriques pour la détermination des hauteurs, car le nivellement n'était point praticable, même jusqu'à Eismeer, dont la différence de niveau relative à la petite Scheidegg est de 1000 mètres. Remarquons que le nivellement avait été jusqu'ici le seul procédé en usage pour la détermination des hauteurs dans les travaux de triangulation des grands tunnels. Le soin apporté aux observations a permis de réduire l'erreur en déviation latérale à $0^m,15$ pour une portée de 10 kilomètres et une dénivellation de 2400 mètres.

Le but principal de ces travaux de triangulation est de fixer, dès l'entrée du tunnel, l'axe qu'il convient de suivre dans le percement. Cet axe était représenté par une ligne tracée sur le sol et qui guidait le mineur au front d'avancement. Tous les mois, on déterminait cet axe avec plus de soin par un calcul d'azimut appuyé sur les sommets environnants du réseau.

Au sein même du tunnel, la direction du front d'attaque était obtenue à l'aide du fil à plomb, et on la contrôlait toutes les deux ou trois semaines à l'aide du théodolite et de jalons pour les sections droites ou courbes. Le niveau ordinaire servait à vérifier la pente du souterrain. Le

travail se poursuivait ainsi jusqu'à ce qu'on eût atteint l'emplacement d'une station ou d'une galerie latérale. Là, on corrigeait la direction, à l'intérieur du tunnel, par un stationnement du nouvel orifice par rapport aux sommets voisins.

Voici, à titre d'exemple, la marche suivie à la station d'Eismeer pour préparer l'avancement. Un point A bien déterminé, situé sur la rampe de la station, a été rattaché au réseau général de la triangulation du chemin de fer (fig. 15). Ce point A a été déterminé, par tâtonnements,



Echelle : $\frac{1}{2\,000}$

Fig. 15. — Plan-terrier de la station d'Eismeer.

de façon à se trouver dans le plan vertical passant par le point B, fixé au plafond et situé sur l'axe actuellement suivi dans le tunnel, et par le sommet d'une montagne déterminée. Ainsi la direction azimutale AB est déterminée par le point A et le sommet de la montagne. Pour connaître la direction dans le tunnel, on rattache la direction AB au réseau triangulé (fig. 14). On connaît donc la position du point extrême de la section, soit Jungfraujoch. Comme la direction a décidé d'établir une section en ligne droite de 270 mètres, suivie d'une courbe de 200 mètres de rayon, il restera à fixer la valeur des angles x et y d'après les conditions du problème.

Les travaux de triangulation qui se rapportent à la

section d'Eismeer à Jungfraujoch, ont été exécutés par M. l'ingénieur J. Hirsbrunner, capitaine d'artillerie à l'armée fédérale.

II

1. INFRASTRUCTURE

Dès que la concession du chemin de fer fut accordée, la commission d'études mit en concours une série de ques-

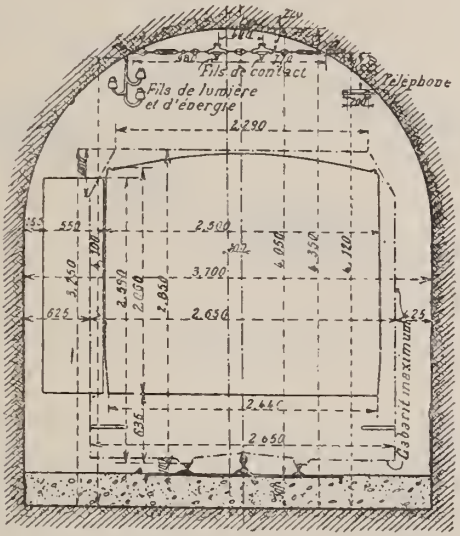


Fig. 16. — Profil transversal du tunnel.

tions se rapportant à la construction et à l'exploitation de la ligne. Un grand nombre d'ingénieurs de tous pays prirent part à ce concours. La commission d'études, après avoir pris connaissance des mémoires et décerné seize prix aux plus méritants, arrêta les détails du projet d'exécution, et les travaux commencèrent quelques mois après l'octroi de la concession par le Conseil fédéral.

La section de la ligne allant de la Petite Scheidegg

à Eigergletscher est à ciel ouvert et ne présente d'autre ouvrage d'art qu'un tunnel de 70 mètres de longueur.

La partie la plus importante de l'entreprise est le grand tunnel de dix kilomètres de longueur. Le profil transversal est rectangulaire dans sa partie inférieure et se termine par une voûte en demi-cercle ; la largeur est de $3^m,7$, la hauteur de $4^m,35$ (fig. 16).

Construction du tunnel et évacuation des déblais. — La méthode employée pour le percement du tunnel a subi des

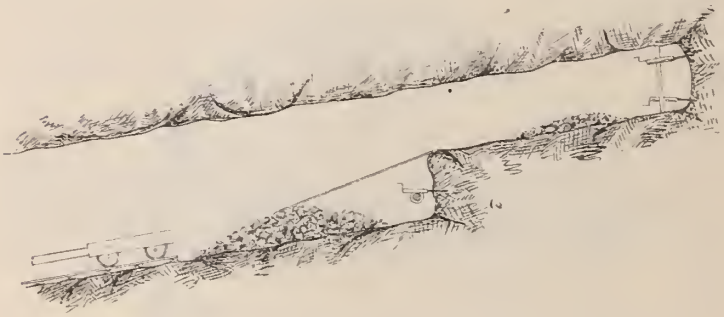


Fig. 17. — Coupe longitudinale montrant les fronts d'attaque et d'élargissement.

variantes imposées par les conditions de travail. Dans la section Eigergletscher-Rothstock-Eigerwand, la proximité de la paroi de l'Eiger a permis de multiplier les galeries latérales pour l'évacuation des déblais, et l'on a pu mettre simultanément en activité jusque trois chantiers indépendants. L'emploi de la méthode anglaise (1), appliquée au percement du Simplon, était rendue impossible par les dimensions transversales insuffisantes du souterrain.

Au delà de la station d'Eigerwand, la ligne s'écarte de la paroi de la montagne ; la construction des galeries

(1) Voir l'article *Le Tunnel du Simplon*, dans la REVUE DES QUEST. SCIENT., janvier 1905.

d'évacuation y devenait difficile et onéreuse. Il a donc fallu renoncer aux chantiers indépendants, et modifier les procédés de construction. Le profil transversal a été divisé, horizontalement, en deux parties égales. La partie supérieure est affectée à la *galerie d'avancement*, appelée aussi *front d'attaque* ou *galerie de faîte* ; la partie inférieure constitue le *chantier d'élargissement* (fig. 17). Les fronts d'attaque et d'élargissement se suivent à quelques mètres de distance.

Au moment de notre visite, l'enlèvement des déblais de la galerie de faîte était effectué dans des auges portées par deux hommes jusqu'au chantier inférieur. Les déblais provenant des deux chantiers étaient déversés dans un wagon, remorqué par une locomotive électrique jusqu'à la dernière galerie latérale, située au kilom. 4,45 de la ligne. Cette galerie latérale a une pente de 85 % et une section transversale de 2 mètres sur 3. Le sol y est recouvert de feuilles de tôle pour faciliter le départ des déblais. La dépendance des chantiers et l'enlèvement des déblais, rendu difficile par l'éloignement de la galerie d'évacuation, ralentissent beaucoup l'avancement général des travaux.

Perforation. — Les perforatrices utilisées depuis l'ouverture des chantiers sont de trois systèmes. Les unes fonctionnent par rotation ; elles sortent des ateliers d'Oerlikon. Les autres, du type dit « à percussion », sont mises en mouvement, soit par l'action pulsatoire d'un solénoïde, c'est le système Thomson-Houston, soit par un moteur spécial, c'est le système Siemens et Halske.

L'expérience faite à la Jungfrau a montré que les perforatrices à percussion l'emportent sur les perforatrices à rotation lorsqu'on s'attaque à des roches dures, comme celles du massif qui nous occupe ici (1). On a constaté aussi

(1) La dureté de ces roches répond aux chiffres 5 ou 6 de l'échelle internationale.

que le système Thomson-Houston, tout en simplifiant beaucoup l'appareil, présente le grave inconvénient d'un échauffement excessif du solénoïde au bout de quelques heures de travail, et imposait ici la transformation du courant triphasé en courant continu pulsatoire. Au moment de notre visite, on ne faisait plus usage que de perforatrices Siemens et Halske à percussion et à manivelle.

Le nombre des chocs est de 420 à 450 par minute. Un moteur électrique, placé dans un coffre spécial, communique le mouvement de percussion à la perforatrice par

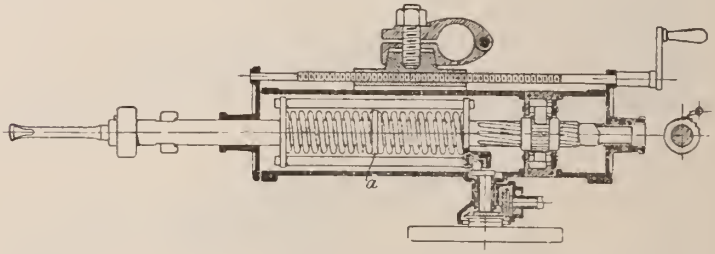


Fig. 18. — Coupe longitudinale de la perforatrice à percussion de Siemens et Halske.

l'intermédiaire d'un arbre flexible, qui agit sur une paire de roues dentées coniques (fig. 18 et pl. VI, fig. 19). Le mouvement de rotation est transformé en mouvement alternatif par une manivelle et une glissière fixée au cadre porte-outil. Le mouvement de percussion entraîne une vis hélicoïdale qui communique au forêt des rotations alternatives qui dégagent les déblais du fond du trou. Un mouvement lent de rotation de l'outil est obtenu par un cliquet engrenant une roue à redents. Enfin, le mouvement d'avancement de la perforatrice tout entière se fait à la main par la manivelle en saillie à l'opposé du forêt. Deux perforatrices montées sur des colonnes verticales travaillent au front d'attaque (fig. 17) ; elles creusent des trous de mine de $1^m,10$ à $1^m,30$ de profondeur, le diamètre variant de 36 à 50 millimètres. On fait ainsi de 13 à 15 trous

Fig. 19. — Travaux d'excavation exécutés a l'une des fenêtres de la station d'Eismeer. Perforatrice a percussion de Siemens et Halske et son moteur électrique.

au front d'attaque dans l'espace de huit heures. Pendant ce temps, l'avancement est de un mètre environ, soit une excavation de huit mètres cubes. Le chantier d'élargissement est pourvu également de deux perforatrices Siemens et Halske, montées sur colonne horizontale, appuyée aux parois de la galerie.

Les conditions de perforation sont les mêmes qu'au front d'attaque ; mais les trous de mine, au nombre de six seulement, ont ici jusque deux mètres de profondeur ; c'est que la masse à briser par l'explosion est déjà dégagée sur deux de ses faces.

Lorsque la mise en place de ces colonnes de calage est difficile, les perforatrices sont montées sur des trépieds garnis de lourdes masses qui assurent leur stabilité (pl. VI, fig. 19).

Tir des mines. — D'ordinaire, le tir des mines a lieu pendant le renouvellement du poste de travail. L'explosif employé est la dynamite gélatinée que l'on est obligé de dégeler en hiver, la température variant de — 10° à — 20°. Cette opération se pratique progressivement dans des chaudrons à double paroi pourvus d'une circulation d'eau chaude, de vitesse et de température réglées à volonté. La dynamite gélatinée, employée au front d'attaque, est formée presque exclusivement de nitroglycérine ; celle qu'on utilise au chantier d'élargissement en contient 83 %. La charge d'explosif est d'environ 1,5 kilogramme par mètre cube de roche excavée, et on emploie pour le tir la mèche Bickford et les amorces au fulminate de mercure. La longueur de la mèche varie de 1 mètre à $1^{m},50$. Le trou de mine creusé au centre du front d'attaque reçoit une charge double à peu près de celle des autres trous. La mèche qui lui correspond est la plus courte : l'explosion plus prompte qui en est la conséquence facilite le dégagement des autres trous de mine.

Pour ceux-ci, on a adopté une échelle de longueurs des mèches permettant d'espacer le tir de leurs cartouches, en sorte que l'artificier puisse s'assurer, dans une certaine mesure, de l'explosion de toutes les charges. Dès que le tir est achevé, il se rend le premier sur le chantier, muni d'une lampe de sûreté, rappelant la lampe Davy, pour contrôler le tir de chacun des trous de mine.

Ventilation, postes de travail, revêtement, éclairage. — La ventilation est assurée par un ventilateur Sulzer, mis en mouvement par un moteur électrique. Il débite $0^{m^3},750$ d'air par seconde, sous la pression de $0^{m},500$ d'eau. Le conduit de la ventilation est formé de tuyaux en tôle de $0^{m},253$ de diamètre, reposant sur le sol. Lorsque la distance du front d'attaque à la galerie latérale dépasse 1200 mètres, on recourt à un second ventilateur, surtout après un tir de mines.

Le poste est de huit heures par jour ; et comme le travail se poursuit sans interruption, trois postes se partagent les vingt-quatre heures du jour. Chaque équipe comprend un chef de chantier, un piqueur, un artificier et vingt hommes. Dans ces derniers temps, le nombre total des travailleurs occupés aux travaux du chemin de fer s'élevait à cent trente.

Nous avons dit que la dureté de la roche dispense de protéger le souterrain par un revêtement en maçonnerie. Plus tard, lorsque le tunnel traversera les gneiss, il faudra garnir les parois et le plafond de pieds droits et d'une voûte maçonnée.

L'éclairage est réalisé de façon très pratique, à l'aide d'une latte terminée par deux conducteurs portant cinq lampes à incandescence en série. Pour éclairer un point quelconque du tunnel, il suffit de suspendre la latte aux deux conducteurs aériens du courant secondaire.

2. SUPERSTRUCTURE (1)

La force motrice nécessaire à la construction du tunnel et à l'exploitation du chemin de fer, est fournie par l'eau sous pression, dérivée de la Lütschine blanche à Lauterbrunnen et de la Lütschine noire à Burglauenen. A Lauterbrunnen, une conduite de 1315 mètres, débitant 6 mètres cubes à la seconde, fournit 2130 chevaux ; à Burglauenen, une conduite de même débit rendrait disponible une force motrice de près de 9000 chevaux. Pour le moment, l'usine de Lauterbrunnen seule est en activité ; la puissance qu'elle fournit suffit amplement aux besoins de tous les services. La force hydraulique, dans une station motrice, dépend essentiellement du débit de la conduite sous pression et, par suite, du débit du cours d'eau. Mais dans cette région de neiges perpétuelles, il se présente une circonstance particulièrement favorable à l'exploitation du chemin de fer par la houille blanche. C'est pendant l'été que le mouvement des voyageurs atteint son maximum. Or les deux Lütschinen sont alimentées en majeure partie par la fonte des neiges étalées sur les parties élevées de leur bassin hydrographique, et c'est en été que cette fusion est naturellement le plus abondante. Ainsi, la puissance hydraulique varie en même temps et dans le même sens que les nécessités de l'exploitation du chemin de fer.

Station hydro-électrique de Lauterbrunnen. — La prise d'eau de l'usine hydraulique de Lauterbrunnen est située en amont et près du pont du chemin de fer de la

(1) Pour cette partie de notre travail, nous avons consulté, notamment : DIE ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE ; *Die Jungfraubahn und der Bau ihres Tunnels*, von Paul Möller. BERLIN, 1904 ; et LE GÉNIE CIVIL, *Le Chemin de fer de la Jungfrau et ses nouvelles locomotives électriques*, par Siedler. Paris, 1904.

Wengernalp ; elle comprend un barrage pour la dérivation des eaux et un bassin de décantation. Un double grillage, composé de barres, distantes respectivement de 100 et de 20 millimètres, retient les objets flottants emportés par les eaux, avant leur entrée dans le bassin de décantation.

L'eau pénètre ensuite dans une conduite métallique d'amenée de $1^{m},80$ de diamètre intérieur, suivie d'une autre, sous pression, de même diamètre. La conduite d'amenée a 690 mètres de longueur ; elle est faite en tôle rivée de 5 millimètres d'épaisseur et court sur la rive gauche de la Lütschine blanche. Elle est incomplètement remplie pendant l'été et reçoit alors une certaine pression.

A l'intersection de la conduite d'amenée et de la conduite sous pression, se trouve une sorte de cheminée en fer, qui a un double but : elle joue le rôle de vase d'expansion, et prévient la production des coups de bélier dans la conduite d'amenée, quand celle-ci reçoit une certaine pression ; elle permet aussi le nettoyage facile d'un barrage placé à sa base, dans la conduite même, et destiné à retenir les matières qui auraient franchi les grillages et échappé à la décantation.

La conduite sous pression a 625 mètres de longueur ; elle est formée de tronçons en tôle de 7 millimètres à la base et de 6 millimètres à la partie supérieure. A une distance de 100 mètres environ du bâtiment des turbines, la conduite sous pression franchit la Lütschine sur un pont métallique formé de deux poutres paraboliques.

La différence de niveau entre la prise d'eau et la station hydraulique est de $40^{m},80$. La perte de charge dans la conduite métallique peut être évaluée à $5^{m},30$ pour un débit de 6 mètres cubes par seconde : la hauteur de chute utile est donc de $35^{m},50$.

L'usine hydraulique de Lauterbrunnen (pl. VII, fig. 20) est un bâtiment en briques, d'un développement de 30 mètres

Fig. 20. — Station hydroélectrique de Lauterbrunnen.

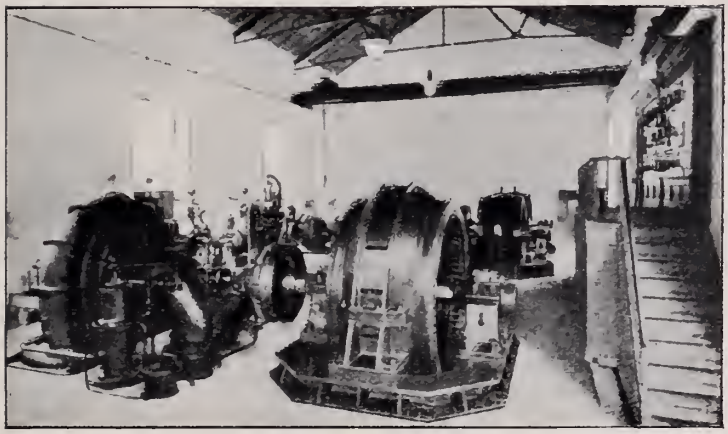


Fig. 21. — Salle des machines de la station hydroélectrique de Lauterbrunnen.

le long du cours d'eau, de 18 mètres de largeur et de 12 mètres de hauteur. Outre la salle des machines, elle contient le logement du chef électricien et un atelier de réparation. Cette usine est reliée par téléphone aux différentes stations du chemin de fer.

La salle des machines (pl. VII, fig. 21) contient six unités hydro-électriques ; dans une annexe est installé un moteur à gaz pauvre, actionnant par courroie, aux moments des basses eaux, un des générateurs triphasés. Un pont roulant, de 7,5 tonnes et de $12^{m},35$ de portée, chemine le long de la salle des machines.

Les six unités hydro-électriques peuvent être réunies en trois groupes formés chacun de deux turbines ; celles-ci sont toutes à axe horizontal.

Le premier groupe comprend deux turbines jumelles, système Girard, de 500 chevaux chacune ; elles sont calculées pour effectuer 380 tours à la minute, sous une hauteur de chute utile de 35 mètres et un débit de 1430 litres par seconde ; elles sont munies de volants et de régulateurs mécaniques de précision. Ces turbines sont à injection totale. Les aubes mobiles ont un diamètre moyen de 610 millimètres. L'eau est amenée aux roues directrices par une bâche en fonte située au centre de la double turbine.

Le second groupe est formé de deux turbines excitatrices, développant une puissance de 25 chevaux chacune, sous une hauteur de chute utile de 35 mètres et un débit de 71 litres à la seconde ; leur vitesse est de 700 tours à la minute. Des régulateurs hydrauliques assurent la régularité de la marche. Les turbines de ces deux groupes ont été fournies par la société J. J. Rieter et Cie, de Winterthur ; celles du dernier groupe sortent des ateliers de la société Escher, Wyss et Cie, de Zürich.

Ce troisième groupe comprend deux turbines Francis à réaction (fig. 22 et 23), d'une puissance de 800 chevaux. Voici leurs caractéristiques : sous une chute effective de

$32^{m},50$, et un débit de 2460 litres par seconde, leur vitesse de rotation est de 380 tours par minute. Elles sont munies de palettes d'admission mobiles sous l'action d'un servo-moteur, et d'un dispositif spécial qui a pour but d'amortir la force vive de l'eau dans le cas d'une brusque obturation de la conduite. Ce dispositif est

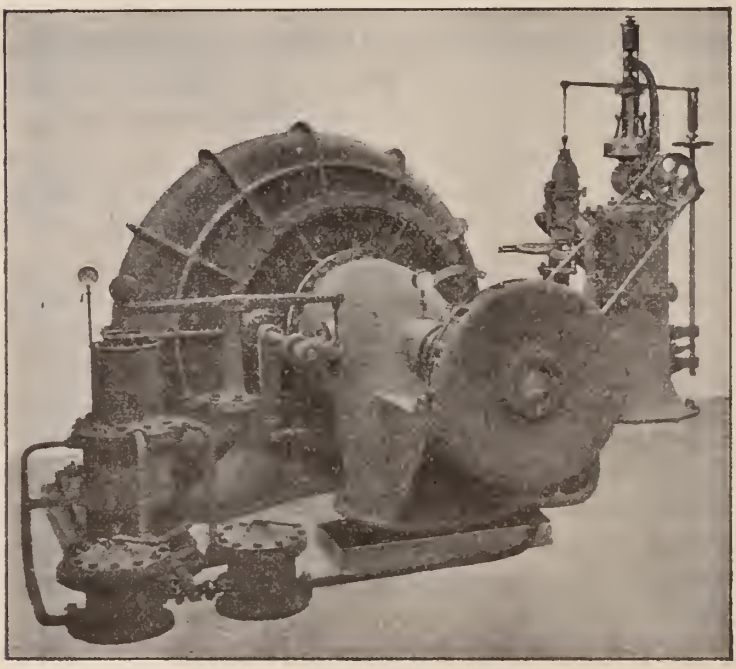


Fig. 22. — Vue d'une turbine Francis de 800 chevaux.

placé en amont de chaque turbine, et se compose d'une bascule fermant une ouverture cylindrique. Une obturation brusque de la conduite vient-elle à se produire, la bascule tourne sur son axe et laisse échapper une certaine quantité d'eau. Les turbines du premier et du troisième groupe sont réunies aux obturateurs par des manchons d'accouplement, formés de deux disques réunis par une série de courroies sans fin en caoutchouc. De faibles

différences dans le centrage des arbres sont ainsi sans inconvénient sur la transmission du mouvement. En outre, cette série de courroies isolantes supprime toute communication électrique entre la turbine et le générateur, en sorte que l'on peut isoler parfaitement celui-ci de la terre.

Des quatre alternateurs accouplés aux grandes turbines, trois sortent des ateliers Oerlikon, le quatrième,

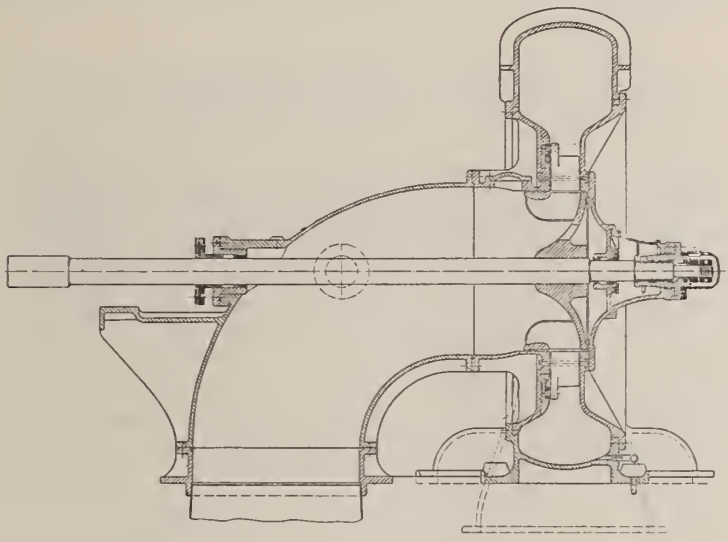


Fig. 25. — Coupe d'une turbine Francis de 800 chevaux.

d'une puissance de 800 chevaux, a été construit par la société Brown, Boveri et Cie de Baden (Suisse).

Ces alternateurs fournissent du courant triphasé sous la tension de 7000 volts et une fréquence de 38 périodes par seconde. Deux dynamos à courant continu, accouplées aux petites turbines, servent d'excitateurs et fournissent le courant sous la tension de 65 volts et une intensité de 250 ampères.

Les alternateurs de 500 chevaux alimentent uniquement le transport de force ; ceux de 800 chevaux concourent simultanément au transport de force et à l'éclairage de la

commune de Lauterbrunnen. Pour ce dernier service, des transformateurs abaissent la tension du courant à 120 volts.

Aux époques des basses eaux, notamment au mois de janvier de chaque année, le débit de la Lütschine ne suffit pas aux divers services de la construction du chemin de fer; on a donc dû installer une réserve, composée d'un générateur à gaz pauvre et d'un moteur à deux cylindres de 125 chevaux.

Transport de force, transformateurs, distribution du courant électrique. — A l'air libre, le transport de force, à haute tension, se fait par trois fils de cuivre de 7,5 millimètres de diamètre, supportés par des poteaux distants de 30 mètres. Dans le tunnel, sur un premier parcours de près de 2 kilomètres, le transport de force est réalisé par des fils de même dimension, logés dans une excavation latérale pratiquée à une certaine hauteur. Plus loin on a recours à un câble unique de 70 millimètres carrés de section, suspendu à des crochets en fer solidement fixés dans la voûte du tunnel. A proximité de chaque station, on a installé un ou deux transformateurs, de 200 kilowatts chacun, qui abaissent le courant à 200 volts. Aux stations de la petite Scheidegg et d'Eigergletscher, les transformateurs sont installés dans des caveaux souterrains. Dans les stations en tunnel, ils sont logés dans des excavations pratiquées dans le rocher. Enfin, de petits transformateurs de 30 kilowatts desservent certains services spéciaux d'éclairage et de chauffage.

Le transport de force à haute tension est muni de parafoudres de Siemens et Halske ; la conduite à basse tension est protégée par des paratonnerres à pointe.

Le réseau de distribution du courant est formé de deux fils de cuivre de 9 millimètres de diamètre, placés à la distance de 400 millimètres et retenus à une distance de $3^{m},700$ au-dessus des rails par des fils d'acier de 6 millimètres, fixés eux-mêmes à des poteaux ou aux

parois du souterrain. Les deux fils conducteurs sont soigneusement isolés de la terre. Le troisième conducteur du courant triphasé secondaire est formé par les rails de la voie, réunis entre eux par des lames de cuivre qui assurent leur continuité électrique.

La voie (fig. 24). — L'écartement des rails mesure 1 mètre. La voie elle-même est constituée de traverses

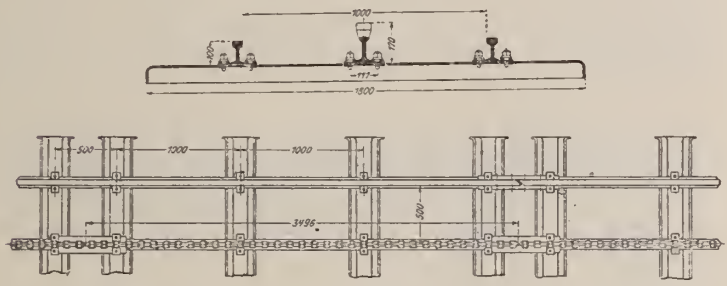
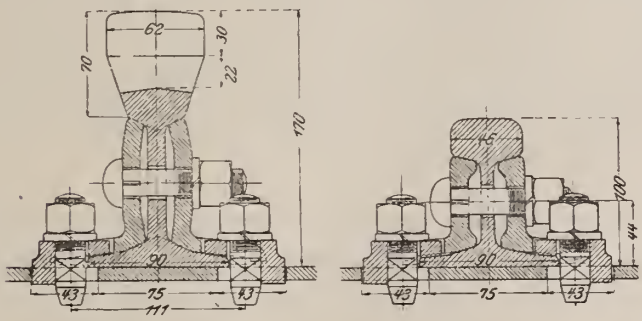


Fig. 24. — Plan et coupe transversale de la voie.

en fonte distantes de 1 mètre, à l'exception du joint, où la distance des traverses n'est que de $0^m,500$. Les rails ont 100 millimètres de hauteur et 90 millimètres



Rail à crémaillère. Rail ordinaire.

Fig. 25. — Coupe transversale montrant le mode d'attache des rails.

de largeur au patin. La crémaillère, du système E. Strub, est placée entre les rails et fixée sur les traverses de la même manière que les rails (fig. 25). La crémaillère Strub

présente l'avantage de se remplacer aisément et de se prêter à l'application des freins à engrenage. On a adopté la forme des dents en biseau qui provoque l'expulsion des corps étrangers lors de l'engrènement du pignon. Afin d'éviter les chocs au passage des véhicules sur les joints des rails, ceux-ci sont terminés par une surface, inclinée de 45° sur leur axe ; les joints de la crémaillère sont normaux.

L'écartement des rails est portée à $1^m,002$ dans les courbes de 200 mètres de rayon, admises comme minimum dans le tunnel, et à $1^m,004$ dans celles de 100 mètres de rayon, tolérées seulement dans les parties

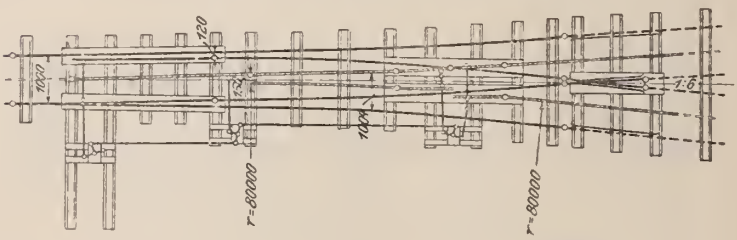


Fig. 26. — Plan de croisement de la voie à crémaillère.

à ciel ouvert. Les courbes employées dans le raccordement des aiguilles ont 80 mètres de rayon. Comme les dents de la crémaillère dépassent le bourrelet du rail, il a fallu imaginer un dispositif spécial (fig. 26) permettant le croisement des rails et de la crémaillère ; un système de tringles réalise les combinaisons cinématiques nécessaires à la solution du problème.

Matériel roulant. — Les locomotives sont au nombre de six. L'équipement électrique des locomotives portant les numéros 1, 2 et 6 a été fourni par la société Brown, Boveri et Cie ; celui des numéros 3, 4 et 5 sort des ateliers d'Oerlikon. Le numéro des locomotives indique l'ordre de leur construction. La fabrique suisse de locomotives de Winterthur a été chargée de la partie mécanique de toutes ces locomotives ; chacune d'elles est mise en mouvement

par deux moteurs de 120 chevaux, tournant à la vitesse de 750 tours par minute. Les engrenages de réduction ne permettent pas de dépasser la vitesse de 8 à 9 kilomètres à l'heure.

Ce qui différencie surtout ces locomotives, c'est le mode adopté pour produire le freinage électrique. En tout ceci, le chemin de fer de la Jungfrau a apporté son tribut d'expériences à cette intéressante question d'électro-technique.

La grosse difficulté à vaincre provient de la perturbation produite dans les génératrices de l'usine hydro-électrique lors de la descente des locomotives. Sur un chemin de fer à voie unique, en effet, il est à peu près impossible d'équilibrer le poids mort du train, en maintenant constamment le même nombre de trains en mouvement à la montée et à la descente.

D'ailleurs, dans une question de ce genre on a soin de faire l'hypothèse la plus défavorable ; elle consiste ici dans l'application du freinage électrique au nombre maximum de locomotives en service.

Dans les locomotives numéros 1 et 2, on adopta la solution la plus simple. A la descente, les moteurs fonctionnent comme génératrices et envoient leur courant dans la ligne. Pour régulariser le courant on a eu recours à des résistances liquides et métalliques installées à l'usine hydro-électrique. Mais on se heurte au grave inconvénient de faire dépendre de l'usine elle-même le réglage du courant, alors que celui-ci varie avec l'allure du train descendant. Il arrivait ainsi que le train, par suite d'un défaut de surveillance, déchargeait complètement l'usine.

Dans le but d'éviter cet inconvénient, la locomotive numéro 3 a été pourvue d'un commutateur qui supprime la résistance de démarrage et de réglage de la partie tournante des moteurs pour la brancher sur la ligne en parallèle avec l'enroulement fixe des moteurs. Ce dispositif faisait dépendre la vitesse du train de celle des génératrices de l'usine.

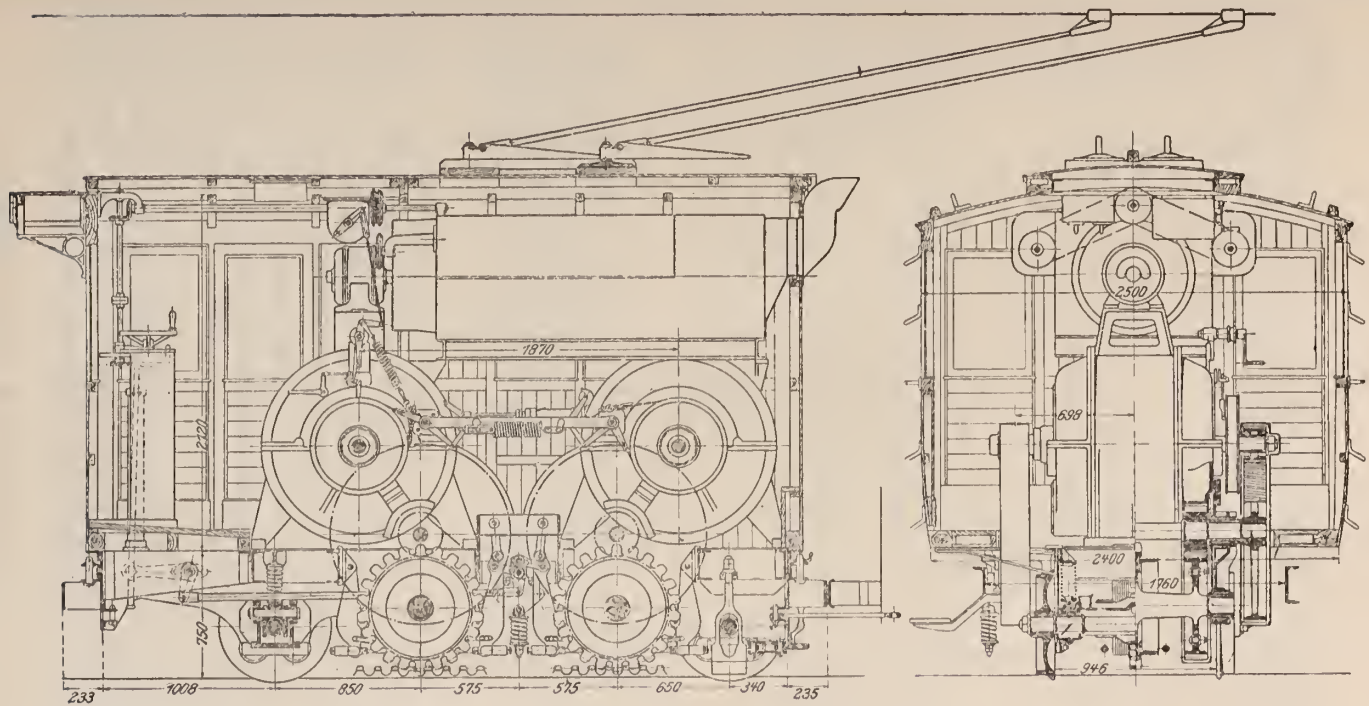


Fig. 29 et 30. — Coupe longitudinale et transversale de la locomotive n° 6.

Afin de rendre les trains, à la descente, complètement indépendants de l'usine génératrice, la direction technique a fait construire les autres locomotives de telle manière que toute l'énergie développée par le poids du train descendant soit absorbée par la locomotive elle-même. Dans ces conditions, si une avarie grave se produisait en cours de route, les trains pourraient toujours redescendre à la station inférieure. Dans les locomotives numéros 4 et 5, les moteurs travaillent encore à la descente comme générateurs, mais leurs enroulements primaires ne sont plus traversés par le courant triphasé du réseau ; ils le sont par un courant continu fourni par une petite dynamo excitatrice, calée sur l'extrémité de l'arbre de l'un des moteurs. A la descente, la locomotive est entraînée par le poids du train. Le wattman interrompt la communication entre la ligne secondaire et les moteurs ; les stators de ces derniers, au lieu d'être parcourus par le courant de la ligne, sont traversés par le courant continu de l'excitatrice ; celui-ci produit dans les rotors des courants induits, dont la tension dépend de la vitesse du moteur et de l'intensité de l'excitation. On fait varier cette intensité à l'aide d'un régulateur inséré dans les inducteurs de l'excitatrice, ce qui permet de régler à volonté la tension des courants induits qui sont absorbés dans la résistance ; on a soin de ventiler celle-ci énergiquement. Ce freinage électrique permet de faire varier la vitesse de marche d'une manière absolument indépendante de l'usine hydro-électrique et sans intervention de freins mécaniques.

La locomotive numéro 4 est mise en mouvement par deux moteurs triphasés à six pôles (pl. VIII, fig. 27 et 28). Chacun d'eux pèse 2 tonnes et développe, sous une tension de 500 volts, à 750 tours à la minute et 38 périodes par seconde, une puissance de 150 chevaux. La dynamo excitatrice fournit du courant de 150 ampères sous 25 volts à la vitesse de 700 tours, et pèse 300 kilogrammes.

La locomotive numéro 6 est munie de moteurs fonctionnant à la descente comme dynamos en série à courant continu (fig. 29 à 32). La vitesse peut être réduite à 400 mètres à l'heure, grâce à un dispositif spécial de connexion. Les constructeurs ont dû tenir compte, dans l'étude de

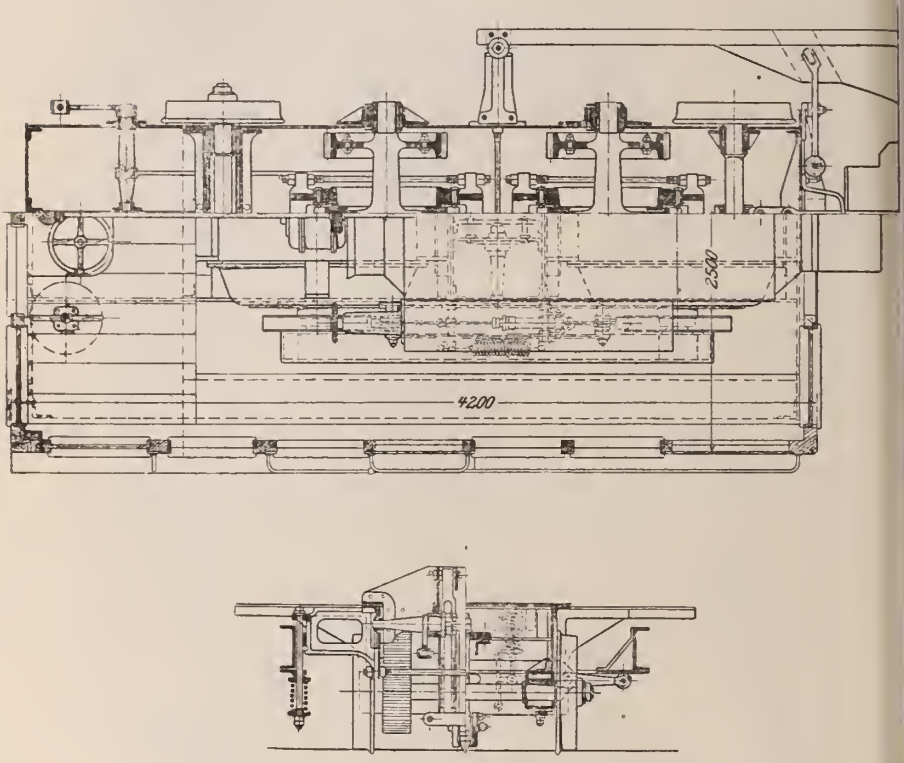


Fig. 31 et 32. — Plan et coupe de la locomotive n° 6.

cette locomotive, de cette condition qu'avant de servir au service des voyageurs, elle devait transporter les déblais provenant des travaux. Comme ces déblais cheminent toujours en descendant, un freinage électrique très soigné était ici de grande importance. Cette machine est pourvue en outre d'une série d'appareils de sûreté,

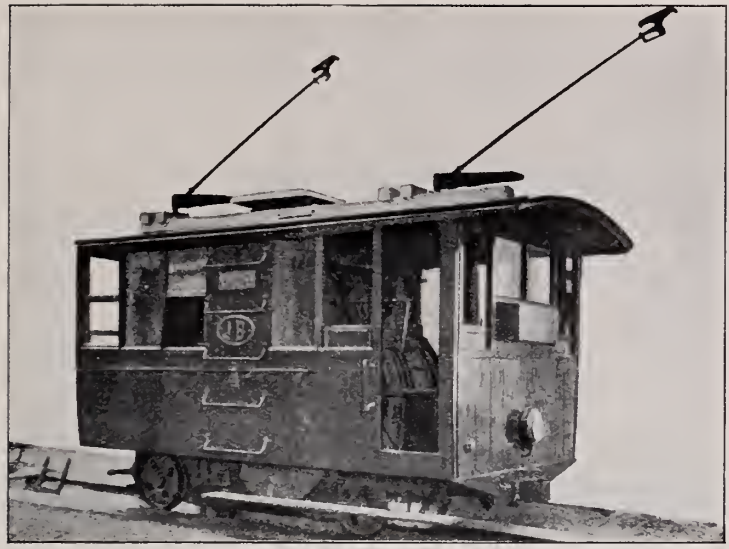


Fig. 27. — Vue de la locomotive électrique n° 4.

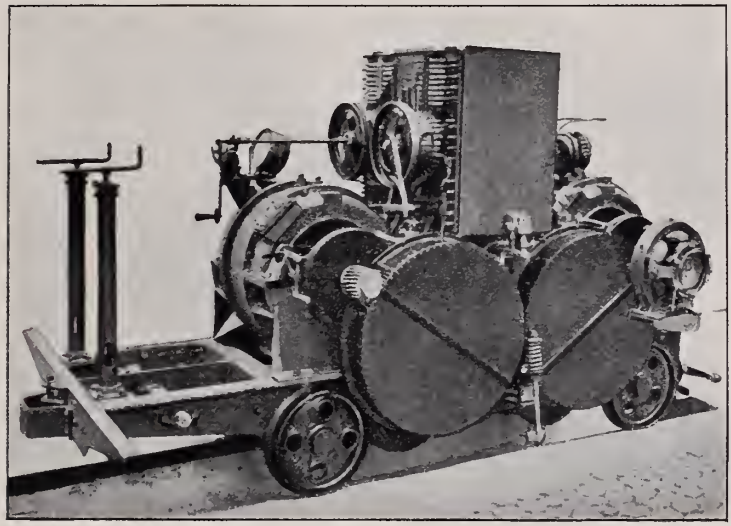


Fig. 28. — Vue du fâti et des moteurs de la locomotive n° 4.

afin de parer à un bon nombre de distractions ou de négligences de la part du wattman.

La disposition des appareils a été l'objet de soins particuliers. La conduite de la locomotive a été rendue très simple, en plaçant la commande des résistances de démarrage et de freinage dans un même *controller*.

Les voitures à voyageurs destinées à être accouplées directement avec la locomotive sont du type anglais : elles comprennent 40 places et pèsent 4,3 tonnes. Les voitures remorquées sont du même type ; elles ne sont pas pourvues de bras d'accouplement et ne pèsent que 3,9 tonnes.

Installation des stations. — A la petite Scheidegg, l'installation de la station comporte une gare et une remise destinée à l'exploitation. Les bâtiments érigés pour la construction du tunnel, sont établis à l'orifice du souterrain près de la station d'Eigergletscher. On y trouve un petit atelier pour les réparations mécaniques, une forge, un atelier de charpentier, les logements des employés et des ouvriers, des magasins d'habillement, de provisions et de matériaux de construction (fig. 33).

Toutes les dispositions sont prises pour ravitailler, l'hiver, le personnel pour plusieurs mois, en prévision de communications impossibles avec les habitants de la vallée. Le charbon n'est employé que pour la cuisine, le four de boulangerie et la forge. C'est au courant électrique que l'on demande la chaleur nécessaire au chauffage des locaux, au dégel de la dynamite et à la fusion de la neige destinée à pourvoir d'eau les installations.

Les stations de Rothstock, d'Eigerwand et d'Eismeer sont établies en souterrain. Cette dernière station est pourvue d'un bureau de poste, le plus élevé de la Suisse et, vraisemblablement, du monde entier.

Nous avons dit, au début de ce travail, que l'entreprise avait construit à Eismeer une galerie descendante donnant aux voyageurs un accès facile vers la mer de glace. Cette

galerie, d'une longueur de 120 mètres, a une pente de 30 p. c., elle rachète donc une différence de niveau de 40 mètres ; elle est creusée dans la paroi sud de l'Eiger, en suivant successivement deux directions opposées. Le long de cette galerie, on a pratiqué, tous les dix mètres, des galeries transversales, horizontales, sortes de fenêtres s'ouvrant dans la paroi de la montagne. Pendant la construction, ces fenêtres ont servi à l'évacuation des déblais ;

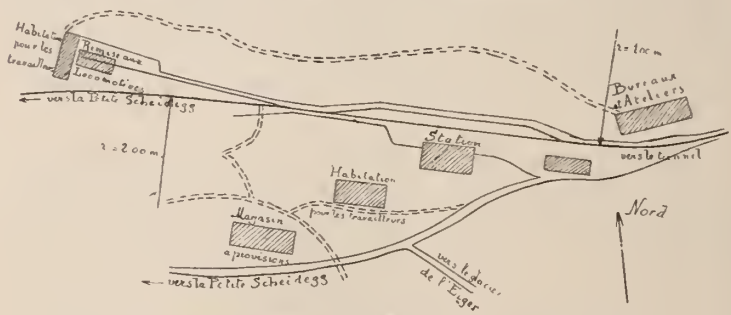


Fig. 33. — Plan-terrier des installations à Eigergletscher.

dans la suite, elles serviront d'observatoires aux touristes et dépendront de l'hôtel d'Eismeer.

Résultats financiers de l'entreprise. — Le tableau suivant résume les prévisions de M. Guyer-Zeller, le fondateur de l'entreprise, relatives au mouvement des voyageurs et aux recettes du nouveau chemin de fer :

Station	d'Eigergletscher	20 000	billets aller et retour à		3 fr.
»	d'Eigerwand	2 500	»	»	8 »
»	d'Eismeer	2 000	»	»	14 »
»	Mönchjoch	4 000	»	»	22 »
»	Jungfraujoch	5 000	»	»	27 »
»	Jungfrau	10 000	»	»	35 »

Au total, 43 500 billets aller et retour avec une recette de 671 000 francs. A cela devaient s'ajouter la vente de la force motrice disponible et les loyers des restaurants, ressources considérables, qui s'augmenteraient encore de

l'exploitation des 9000 chevaux hydrauliques de Burglauenen, concédés à l'entreprise.

Or, en 1899, le chemin de fer a été ouvert à l'exploitation jusqu'à Eigergletscher : 22 931 voyageurs en ont fait usage au cours de cette année. Quatre ans plus tard, en 1903, lorsque le tunnel eut atteint Eigerwand, on compta 29 013 voyageurs. Enfin, depuis l'inauguration, en 1905, de la station d'Eismeer, 36 583 touristes s'y sont rendus. Les prévisions de M. Guyer-Zeller sont donc dépassées, et on peut considérer le chemin de fer de la Jungfrau comme une entreprise d'avenir.

Ce sera surtout une merveille de ce siècle de l'électricité, où concourent tous les progrès de la technique moderne et où s'affirme la puissance du génie et de la volonté de l'homme, disposant en maître des énergies de la nature, pour triompher des obstacles qu'elle-même oppose à ses projets.

G. DE FOOZ.

L'HAECKÉLIANISME

ET

LES IDÉES DU PÈRE WASMANN

SUR L'ÉVOLUTION

On n'a peut-être pas oublié les polémiques assez aigres soulevées, ces dernières années, dans les milieux scientifiques allemands, par les ouvrages du Dr Albert Fleischmann (1).

La critique radicale, à laquelle le professeur de zoologie d'Erlangen soumettait l'ensemble des doctrines transformistes, excita dans le camp des évolutionnistes de très vives protestations. On alla jusqu'à soutenir, qu'en écrivant de pareils livres, Fleischmann s'était mis lui-même au ban du monde savant, la théorie de l'évolution n'étant plus une pure hypothèse, mais l'expression de faits acquis et scientifiquement démontrés. C'était beaucoup dire, et il aurait fallu sans doute, pour être dans le vrai, se faire, de part et d'autre, quelques concessions.

Le moins piquant dans cette controverse ne fut pas assurément de voir intervenir en faveur du transformisme, pour le défendre discrètement, à la fois, contre les attaques

(1) *Die Descendenztheorie.* Gemeinverständliche Vorlesungen über den Auf- und Niedergang einer naturwissenschaftlichen Hypothese, gehalten vor Studierenden aller Fakultäten, von Dr Albert Fleischmann. Leipzig, Georgi, 1901. — *Die Darwinsche Theorie.* Leipzig, Thieme, 1905.

exagérées de Fleischmann et contre le zèle intempestif d'adeptes trop fervents, un savant catholique bien connu des zoologistes, le Père Erich Wasmann, S. J.

Déjà en 1901, il publiait dans le BIOLOGISCHES CENTRALBLATT un article sous ce titre : *Y a-t-il de fait des espèces qui se trouvent encore aujourd'hui en pleine période d'évolution* (1) ? A la question ainsi posée, le savant myrmécologue répondait affirmativement. Il faisait d'ailleurs d'expresses réserves sur le bien fondé d'une trop large généralisation de la théorie évolutionniste.

Cette restriction prudente n'empêcha pas certains journalistes de s'emparer du fait et d'en grossir à plaisir les conséquences. Un jésuite transformiste ! Mais c'était la théologie traditionnelle qui se mettait enfin en marche vers la lumière : elle cherchait à traiter avec le darwinisme !

Il était urgent de préciser pour le grand public les positions prises dans les mémoires techniques. C'est ce que fit le P. Wasmann dans une série d'articles, publiés d'abord dans les STIMMEN AUS MARIA-LAACH (1901-1903), puis réunis en un volume en 1904 (2).

Ce livre, il fallait s'y attendre, a été très différemment apprécié. Quelques-uns l'ont trouvé trop hardi et inopportun. D'autres, plus nombreux, ont pensé que le P. Wasmann n'avait pas été assez loin. Il fallait aller jusqu'au bout des principes posés et englober l'homme dans la série de l'évolution organique. On devine de quel côté venaient ces dernières critiques. Nulle part elles n'ont été exprimées d'une façon plus acerbe que dans trois conférences tapageuses, données à Berlin, les 14, 16 et 19 avril 1905, par Ernest Haeckel lui-même. Le célèbre auteur des *Welt-*

(1) *Gibt es tatsächlich Arten, die heute noch in der Stammesentwicklung begriffen sind ?* Mit allgemeinen Bemerkungen über die Entwicklung der Myrmekophilie und Termitophilie und über das Wesen der Symphilie (BIOL. CENTRALBLATT, XXI, nº 22, 23).

(2) *Die moderne Biologie und die Entwicklungstheorie.* Herder, 1904.

räthsel était résolu, nous dit-il, à ne plus prendre la parole dans des réunions populaires, mais la vue du danger que fait courir à la science allemande « l'évolutionnisme ecclésiastique » du P. Wasmann l'a décidé à rentrer en scène.

Voici dans quels termes il parle du célèbre jésuite (1) :

« Le plus grand triomphe qu'ait encore remporté notre théorie transformiste, c'est bien qu'au début du xxe siècle, sa plus redoutable ennemie, l'Église, se soit adaptée à elle, et ait essayé de mettre d'accord la foi et l'évolutionnisme.

» Plusieurs tentatives timides avaient été faites dans ce sens, dans les dix dernières années, par un certain nombre de théologiens et de philosophes d'esprit indépendant, mais sans grand succès. Le mérite d'avoir réalisé cet essai hardi revient à un jésuite, le P. Erich Wasmann de Luxembourg... »

Haeckel reconnaît la valeur scientifique de l'entomologiste à qui nous devons de si pénétrantes études sur les fourmis et sur leurs hôtes. Mais, c'est précisément cette science qui rend redoutable l'écrivain jésuite ! On va croire, comme le dit Francé dans le Freies Wort (2), qu'il « existe une science jésuitique, dont les résultats peuvent être pris au sérieux ». Or, « cet étonnant livre de Wasmann, dit Haeckel (p. 32), est un chef-d'œuvre de sophistique et de dissimulation jésuitique... Le neuvième chapitre pourrait, avec un petit nombre de modifications, figurer avec honneur dans un ouvrage de Darwin, de Weismann, ou de tout autre partisan du transformisme. Le chapitre suivant est en contradiction criante avec le précédent. Wasmann y présente l'application de la théorie

(1) *Der Kampf um den Entwickelungs-Gedanken.* Drei Vorträge gehalten am 14. 16. und 19., April 1905 im Saale der Sing-Akademie zu Berlin, von Ernst Haeckel, Professor an der Universität Jena (Sechstes bis zehntes Tausend). Berlin, Reimer 1905, p. 31.

(2) N° 22, 1904.

transformiste à l'homme d'une manière parfaitement absurde : le lecteur se demande si Wasmann croit vraiment à cet ensemble d'idées ridicules, ou s'il a eu seulement pour but de brouiller les concepts de ceux qui le liront et de leur rendre ainsi plus acceptable la foi religieuse la plus plate (1) ».

Escherich fait au P. Wasmann le même reproche. « Si vraiment, dit-il, la théorie de la descendance ne peut se réconcilier avec les dogmes de l'Église que de la manière proposée, on peut dire que Wasmann a donné la preuve rigoureuse de l'impossibilité de cet accord, car ce qu'il propose comme théorie de la descendance est un être mutilé au point d'en être méconnaissable, et qui n'est évidemment pas viable (2). »

Pourtant, au début de sa seconde conférence, Haeckel, semblant revenir sur le jugement si sévère porté dans la première, laisse entrevoir comme possible une conversion complète du P. Wasmann au monisme.

« Il faut, dit-il, attendre avec impatience la suite de la marche de ses idées ; si la fidélité à ses convictions et son courage moral sont assez forts, il tirera les conclusions qui découlent de sa profonde science biologique, et il sortira de l'Église romaine... »

Si Haeckel s'est fait à ce point illusion sur l'attitude que prendrait dans la suite le P. Wasmann, il n'a pas eu à attendre longtemps pour être détrompé.

(1) On se demandera, après avoir lu ces lignes, comment Haeckel a osé écrire, quelques pages plus loin (p. 64), qu'il n'attaque ni la personne ni le caractère du P. Wasmann, mais seulement le système des Jésuites ; il ne doute pas que le célèbre biologiste n'ait écrit son livre en toute bonne foi !... Mais ceux-là seuls s'étonneront à qui la manière de Haeckel est étrangère. Dans ses dernières conférences (p. 57) on trouve encore des passages du goût de celui-ci : « Comme le montre toute l'histoire du Papisme romain, le grand charlatan du Vatican est l'ennemi naturel de la science libre et de l'enseignement libre, tel qu'il est pratiqué dans les universités allemandes. »

Il est assez intéressant de relever ce manque complet de tolérance et de dignité scientifique chez des adversaires qui posent pour les défenseurs de la pure et calme vérité.

(2) Cité d'après Haeckel, p. 53.

Le 2 mai, paraissait dans la GERMANIA et dans la KÖLNISCHE VOLKSZEITUNG une lettre ouverte au professeur d'Iéna dans laquelle le P. Wasmann, se plaçant au point de vue de la simple probité scientifique, se plaignait d'avoir été cité d'une manière inexacte. Si l'on s'était donné la peine de lire son livre avec plus d'attention, on n'aurait pas dit qu'il cherchait à pactiser avec la doctrine de Haeckel, puisqu'il a toujours affirmé la nécessité d'une intervention du Créateur pour l'origine du monde, pour celle de la vie et pour celle de l'homme ; on ne l'aurait pas présenté non plus comme un partisan du darwinisme, puisqu'il n'admet pas cette théorie spéciale, confondue à tort par Haeckel avec le transformisme. Enfin, Wasmann s'étonne que le professeur de zoologie d'Iéna se permette de parler si légèrement sur des questions de psychologie, qui semblent être assez en dehors de sa compétence.

Un abîme sépare donc de l'haeckélianisme la doctrine du célèbre jésuite. Sur le terrain philosophique, les deux systèmes sont contradictoires, et de cette divergence foncière dérive, au point de vue scientifique, une attitude toute différente à l'endroit de l'évolutionnisme. Pour Haeckel et pour les monistes, le transformisme le plus radical s'impose avec une nécessité logique : c'est un *postulat*, que l'on cherche à confirmer par des faits. Pour Wasmann et pour les créationnistes, l'évolution est une *hypothèse*, que l'on admettra, exactement dans la mesure où elle fournira, pour les données de l'observation, l'interprétation la plus rationnelle.

On comprendra, sans qu'il soit nécessaire d'insister, combien cette seconde manière d'envisager la théorie de la descendance offre plus de garanties d'impartialité scientifique. Lorsque l'on a absolument besoin d'un système pour défendre une thèse, il est fort à craindre que l'on se laisse influencer, dans l'appréciation des preuves apportées, par des motifs sans objectivité. Il en est tout autrement lorsque la thèse n'a rien à craindre de n'importe quel

système. Que les espèces végétales et animales se soient développées par évolution progressive, ou qu'elles aient toutes été créées directement, Dieu n'en reste pas moins nécessaire à l'origine du monde. On peut donc sans crainte interroger les faits et attendre leur réponse.

D'après le P. Wasmann, cette réponse est favorable au transformisme dans un nombre de cas suffisant pour qu'il faille reconnaître à la théorie de la descendance, restreinte à de justes limites, une vraie valeur scientifique.

Quelles sont ces limites et quelles sont les conclusions que l'on peut prudemment admettre, soit pour ce qui concerne le transformisme en général, soit pour son extension au corps de l'homme, c'est ce que nous allons exposer brièvement (1).

I. — *La théorie de l'évolution en général*

Pour écarter une pétition de principe qui se glisse fréquemment dans les discussions sur l'évolutionnisme, le P. Wasmann insiste sur la nécessité de distinguer soigneusement l'espèce *naturelle* de l'espèce *systématique*.

Une espèce *naturelle* est constituée par l'ensemble des êtres vivants issus d'une même souche.

Une espèce *systématique* est un groupe d'êtres vivants, ayant un certain nombre de caractères communs et distinctifs, assez stables pour constituer *actuellement* une unité morphologique et physiologique close.

(1) Le P. Wasmann rappelle à ceux de ses adversaires qui ont l'air de le traiter comme un Père de l'Église du XXe siècle, qu'il n'est en aucune manière le représentant autorisé des doctrines de l'Église, pas même de celles de son ordre. Il parle comme biologiste et comme philosophe en son nom personnel. Dans la suite de cet article, nous nous efforcerons de traduire sa pensée avec le plus de fidélité possible. Mais, nous ne nous croyons pas obligé d'imiter un certain nombre de critiques, d'ailleurs à peu près complètement étrangers aux sciences naturelles, qui ont cru nécessaire de nous donner leur avis sur la valeur objective des déductions du P. Wasmann.

La théorie fixiste maintient que la stabilité de l'espèce systématique est absolue.

La théorie transformiste admet que plusieurs espèces systématiques peuvent faire partie d'une même espèce naturelle.

Or, qu'arrive-t-il le plus souvent ? Prouvez à un partisan des doctrines fixistes qu'un certain nombre d'espèces systématiques descendent d'un ancêtre commun, il admettra le fait et n'en tirera que cette conclusion : vous, zoologistes, vous vous étiez trompés et vous aviez pris pour une bonne espèce ce qui n'était qu'une variété ou une race.

Le cercle vicieux est évident. On suppose que, *par définition*, l'espèce systématique n'est pas autre chose que l'espèce naturelle ; or, c'est cela précisément qui est mis en question.

Un fait s'impose en effet et qui ne doit pas être nié par les transformistes, c'est la stabilité actuelle de la presque totalité des espèces systématiques que nous pouvons observer.

Plate s'étant permis d'écrire que : « L'expérience des zoologistes spécialistes en systématique prouve, avec toute la netteté désirable, qu'une espèce ne peut pas être délimitée d'une manière tranchée, parce qu'une des lois fondamentales des organismes est la variabilité (1) », le P. Wasmann, qui a passé une bonne partie de sa vie à faire de la systématique, affirme que, pour avoir la vérité, il faudrait prendre exactement la contradictoire de la phrase de Plate, « car la variabilité des organismes ne s'exerce, le plus souvent, qu'entre les limites des races ».

Mais, la stabilité actuelle est-elle une preuve de la stabilité dans le passé ?

Le P. Wasmann ne le pense pas. Pour lui, les séries qui nous conduisent des espèces fossiles aux espèces actuelles représentent autre chose que des enchaînements

(1) Biologisches Centralblatt, 1901, n° 5.

logiques, et il lui paraît presque certain qu'il y a, entre les êtres vivant aujourd'hui et ceux qui ont peuplé la terre aux différentes époques géologiques, un lien de dépendance génétique (1).

Pour ne pas rester dans cette vague généralité, voici un exemple des raisonnements qui, d'après le P. Wasmann, doivent presque nécessairement entraîner la conviction ; il est tiré du sujet qui occupe depuis plus de vingt ans ce laborieux chercheur.

Le plus grand nombre des commensaux normaux des fourmis et des termites, ceux surtout qui présentent au plus haut degré des caractères d'adaptation à la vie myrmékophile ou termitophile, sont des coléoptères. Or les coléoptères sont beaucoup plus anciens, paléontologiquement, que les familles des fourmis et des termites ; ils apparaissent dès le trias; et, dans le lias, ils atteignent un tel développement, que beaucoup de familles et de genres actuels y sont déjà représentés. Les fourmis et les termites, au contraire, ne prennent de l'importance qu'à l'époque tertiaire. Auparavant, il n'y avait donc pas pour ces insectes d'occasions de s'adapter qui les auraient transformés en hôtes des fourmis ou des termites. Il nous faut donc admettre l'une ou l'autre des deux hypothèses suivantes :

Ou bien, à l'époque tertiaire il y a eu création d'une foule de nouvelles familles de coléoptères, qui sont exclusivement myrmékophiles ou termitophiles, comme les Paussides, les Clavigerides, les Gnostides, etc., et d'un nombre encore bien plus considérable de genres myrmékophiles ou termitophiles appartenant à d'autres familles comme les Staphylinides, les Scarabéides, etc. ; ou bien,

(1) Parlant de l'évolution, M. de Lapparent exprime le même avis : « L'impression qui résulte de la contemplation du monde paléontologique ne semble pas pouvoir s'accorder avec un autre système. » Cf. *Les Devoirs et les Droits de l'apologiste en matière scientifique* (REVUE D'APOLOGÉTIQUE, 1905, p. 244,).

ces hôtes des termites et des fourmis se sont développés aux dépens de souches préexistantes à l'époque mésozoïque, et dont les descendants se sont progressivement transformés.

« Cette dernière hypothèse, continue le P. Wasmann (p. 222), nous semble beaucoup plus vraisemblable, non seulement au point de vue scientifique, mais aussi à juger la chose en philosophe. Car, si la théorie transformiste nous fournit un moyen d'expliquer naturellement l'apparition de ces nouveaux types termitophiles et myrmékophiles comme des formes d'adaptation, nous ne devons pas avoir recours à une nouvelle création immédiate. »

A cette première preuve fournie par la paléontologie, l'embryogénie et l'anatomie en ajoutent de très pressantes dans ce même domaine des hôtes des fourmis et des termites. Nous citons, à titre d'exemple, les conclusions que tire le P. Wasmann des remarquables études qu'il poursuit sur des diptères de la famille des *Termitoxeniidae*.

Ces curieux insectes ne sont pas, comme les autres, monosexués, ce sont des hermaphrodites protandriques, c'est-à-dire que les glandes mâles arrivent chez eux à maturité avant les glandes femelles. A la différence des autres diptères, ils n'ont pas d'état larvaire proprement dit : celui-ci est remplacé par une forme sténogastre passant peu à peu à une forme physogastre, qui représente l'insecte adulte. Ces diptères n'ont pas d'ailes, mais ils portent sur le thorax de remarquables appendices, qui servent, tour à tour, de balanciers, d'organes de transport — car c'est par là que les termites les prennent pour les déplacer sans les endommager — d'organes des sens et enfin principalement d'organes excréteurs d'un exsudat dont les termites sont très friands.

En face de ces insectes bizarres, que dira la théorie fixiste ? Elle les placera, non parmi les diptères, mais dans un ordre à part, et elle sera obligée d'admettre que

ces espèces ont été créées dans cet état-là, *pour être termitophiles*.

La théorie de l'évolution reconnaît en eux de vrais diptères. Les curieux organes du mésothorax sont des ailes transformées. Ces insectes, vivant toujours dans les galeries des termites, n'ont que faire d'organes du vol. L'évolution s'est abrégée, de là la suppression du stade larvaire et la viviparité de certaines espèces. Bref, toutes les particularités de l'anatomie de ces insectes reçoivent dans la théorie de la descendance une explication rationnelle, alors que la théorie fixiste reste muette devant l'énigme.

Comme le fait remarquer judicieusement le P. Wasmann, ces exemples prouveraient peu de chose s'ils étaient isolés, mais la réalité est qu'ils sont infiniment nombreux, et c'est pour cela qu'une formation technique est nécessaire pour apprécier la valeur de pareils arguments. Si l'on n'est habitué à manier que des abstractions, on ne sera pas impressionné par ces vraisemblances accumulées, qui, dans les sciences d'observation et d'induction, conduisent à la certitude empirique.

Les preuves que nous avons examinées jusqu'ici sont indirectes ; le P. Wasmann estime qu'il y en a aussi de directes en faveur du transformisme. A son avis, non seulement la stabilité des espèces systématiques n'est pas absolue dans la série chronologique, mais, même de nos jours, on peut constater que certaines espèces sont en train d'évoluer. C'est ce qu'il a cherché à démontrer dans son étude sur le développement phylogénique des *Dinarda*. En combinant toutes les données de ses observations sur l'anatomie, les mœurs, la distribution géographique des quatre espèces suivantes : *Dinarda dentata*, *D. Maerckelii*, *D. Hageni*, *D. Pygmaea*, il arrive à conclure, avec beaucoup de vraisemblance, que les deux premières sont maintenant complètement adaptées, tandis que les deux dernières sont en voie d'une adaptation plus

parfaite à leur vie myrmékophile. *Dinarda dentata* serait le type le plus ancien et duquel dériveraient les autres.

Nous sommes obligé de renoncer à reproduire la série des déductions qui ont conduit le P. Wasmann à ces conclusions ; plusieurs pages n'y suffiraient pas, et ceux de nos lecteurs qui nous auraient suivi, trouveraient peut-être encore l'argument assez difficile à mettre en forme. Ce qui ne prouverait rien, nous l'avons dit, contre sa valeur.

Le Père Wasmann est donc franchement partisan de la théorie transformiste, et, comme le faisait remarquer un critique d'ailleurs peu sympathique à notre auteur (1), ses convictions sont le résultat, non de spéculations *à priori*, mais d'une longue et patiente vie de recherches techniques.

Pourquoi faut-il que le Dr von Buttel-Reepen ajoute : « On ne sait pas où s'arrête le savant et où commence le jésuite » ? La même préoccupation d'honnêteté scientifique, qui détermine le P. Wasmann à accepter loyalement l'hypothèse, l'oblige à en restreindre l'application aux cas où elle est solidement appuyée sur les faits. Voilà pourquoi, comme savant, il constate que la théorie de la descendance devient de moins en moins probable, à mesure que l'on remonte des espèces systématiques aux groupements plus généraux de familles, d'ordres et de classes.

Voilà pourquoi encore il se refuse à admettre l'hypothèse toutes les fois que des faits d'observation soulèvent contre elle des difficultés non encore résolues. Telle est précisément son attitude vis-à-vis de la question du transformisme appliqué à l'homme.

II. — *La théorie de l'évolution appliquée à l'homme*

Le Père Wasmann examine successivement les deux questions suivantes :

(1) Dr von Buttel-Reepen. ARCHIV FÜR RASSEN- UND GESELLSCHAFTSBIOLOGIE, 1905, p. 281.

1° Est-on autorisé à envisager l'homme uniquement au point de vue zoologique ?

2° Que valent de fait les preuves anatomiques, physiologiques, paléontologiques, apportées en faveur de la descendance animale de l'homme ?

A la première, il répond par une négation formelle. Indépendamment de toute doctrine religieuse, une autre science que la zoologie a le droit de donner son avis sur l'homme et sur son origine. Cette science, c'est la psychologie. Elle est à base expérimentale comme les autres sciences naturelles, et il est illogique de récuser *à priori* ses conclusions. Or, la psychologie découvre dans l'homme un principe psychique d'un ordre essentiellement différent de celui des autres animaux. Par suite, il ne peut, en aucune façon, être question d'une origine animale pour l'âme humaine. Celle-ci est une substance spirituelle, qui réclame, pour sa genèse, une intervention spéciale de la cause créatrice. Si donc l'évolution est étendue à l'homme, ce sera seulement pour expliquer l'origine de son corps. Une des erreurs fondamentales de l'Haeckélianisme consiste à ne consulter systématiquement qu'une seule des sources de documentation qui nous sont ouvertes, quand il s'agit de la nature humaine. Et cet exclusivisme est anti-scientifique.

Mixte au point de vue de la philosophie naturelle, la question de l'origine de l'homme l'est encore par un autre endroit. Elle touche à un dogme, et de ce chef l'exégèse et la théologie doivent être entendues à leur tour.

Le Père Wasmann n'est pas entré dans la discussion dogmatique du sujet ; il s'est contenté de marquer les positions respectives du savant et du théologien. Il nous semble qu'il s'est acquitté de sa tâche avec une réserve à la fois prudente et large.

« On ne peut en aucune manière, dit-il (p. 284, note), blâmer les théologiens et les exégètes, lorsque, en considération du sens immédiatement obvie du récit génésiaque

et de décisions comme celle du Concile provincial de Cologne (1860, tit. IV, cap. 14), ils ne traitent cette matière qu'avec beaucoup de précautions et une réserve plutôt défiante à l'endroit de la théorie évolutionniste. Un zoologiste, un botaniste ou un chimiste qui n'ont aucune connaissance théologique sont aussi peu aptes à prononcer un jugement compétent en matière dogmatique, que le serait, par exemple, un théologien, ignorant complètement les sciences, à donner son avis sur l'évolution des Ammonites ou sur celle des Paussides. »

Aux exégètes, s'il en était qui l'oubliaient, Wasmann rappellerait aussi que la question a son côté scientifique. Il ne faut pas la traiter seulement en théologien, ni se hâter de déclarer contraire à l'Écriture sainte ce qui est peut-être susceptible d'une interprétation orthodoxe. Le système de Copernic lui aussi n'a-t-il pas été d'abord rejeté par l'opinion commune (1)?

En l'espèce, le P. Wasmann se contente d'affirmer que l'autorité compétente n'a pas tranché le débat.

« Nous laissons, dit-il (p. 280), nos adversaires athées se représenter le Dieu du récit biblique comme un potier de forme humaine, pétrissant en terre glaise le corps d'Adam, puis lui insufflant une âme dans le visage. C'est une conception anthropomorphique que déjà saint

(1) On ne veut nullement insinuer que l'évolutionnisme, appliqué à l'homme, se trouve aujourd'hui dans la position qu'avait autrefois le système de Copernic. Il faudrait, pour qu'il y eût parité, que, de part et d'autre, les arguments scientifiques aient la même valeur, et, comme nous le dirons plus loin, il s'en faut de beaucoup.

Mais n'est-il pas vraiment utile de constater combien de temps il a fallu pour que l'habitude se prenne d'envisager une question sous un jour nouveau. Plus de cent ans après la condamnation de Galilée, la doctrine nouvelle était encore rejetée au nom de l'Ecriture sainte.

A titre d'exemple, je signalerai les thèses qui étaient soutenues à Ingolstadt en 1756 par le P. *Joseph Mangold*, S. J. [*Philosophia rationalis et experimentalis hodiernis discentium studiis accommodata, auctore P. Josepho Mangold*, S. J. Ingolstadii et Monachii apud Cratz, 1756]. Ces arguments se trouvent au volume III, p. 425.

Huit ans plus tard, l'intransigeance est un peu moindre, si l'on en juge

Augustin a traitée de *nimium puerilis cogitatio*. Nous savons que ces expressions de la sainte Écriture doivent être regardées comme imagées, mais nous ne savons pas quelles propriétés possédait la matière dont Dieu s'est servi pour l'unir à la première âme humaine, directement créée par lui. »

Si donc, de ce côté, la question n'est pas authentiquement décidée, si la philosophie laisse libre champ à l'hypothèse, on peut se demander ce que dit la zoologie.

L'avis du P. Wasmann est que les arguments, apportés jusqu'à présent en faveur de la descendance animale du corps de l'homme, sont très faibles, pour ne pas dire tout à fait insuffisants (p. 285), et la critique, exclusivement scientifique, à laquelle il soumet, dans cette dernière partie de son ouvrage, les deux théories principales des évolutionnistes, mérite de fixer notre attention.

Un premier système, soutenu jadis par Karl Vogt, aujourd'hui seulement par un petit nombre d'anthropologistes, fait descendre l'homme directement du singe.

Un second, beaucoup plus généralement adopté à l'heure actuelle, considère l'homme et le singe comme les termes auxquels ont abouti deux séries divergentes issues d'un ancêtre commun, que l'on place vers les débuts de l'époque tertiaire.

La première théorie se heurte à des difficultés zoo-

par la *Philosophia recentior*, publiée par le Père *Maxime Mangold* en 1764, encore à Ingolstadt. Je trouve, au tome II, p. 455, la réponse aux difficultés faites aux « Copernicani ».

... « *Respondent... verba Scripturæ accipienda non esse in sensu litterali, physico, proprio et absoluto, sed in populari, optico, improprio et quoad apparentiam.* » Ne dirait-on pas ces lignes écrites d'hier. Or, à cette réponse des Copernicani, on ne fait pas de nouvelle objection ; seulement l'article se termine par cette proposition dont la forme dubitative mérite d'être notée (p. 462) :

« Hinc quamvis Systema Copernicanum sua sese simplicitate commendet atque etiam phænomenis astronomicis optime congruat, proin defendi ut hypothesis possit, tamen, si verba Scripturæ in proprio ac litterali sensu sint accipienda, in thesi defendi non potest, sed tenendum quoad substantiam erit systema Tychonicum. »

logiques que le P. Wasmann juge fort sérieuses, à celle-ci en particulier : sur quelques points, il faudrait admettre que l'homme n'est pas à un degré d'évolution plus avancé que les singes, mais au contraire que ces derniers représentent un type plus hautement organisé. Certains organes de l'homme seraient dans un état de régression qui semble contraire aux principes de l'évolution.

Le P. Wasmann fait également la critique des arguments physiologiques et anatomiques, apportés par Selenka et Klaatsch pour appuyer la descendance simienne de l'homme.

Nous n'insisterons pas sur cette réfutation qui a été souvent faite et ici même (1) d'une manière assez complète.

Il semble donc qu'il faille renoncer à trouver dans le singe l'ancêtre de l'homme. Est-il scientifiquement plus vraisemblable que l'homme et le singe soient reliés par un ancêtre commun ? A ne considérer la question qu'au point de vue zoologique, et en se plaçant sur le terrain de l'anatomie comparée, cette opinion serait certainement beaucoup plus acceptable, mais, pour elle, la difficulté vient des découvertes paléontologiques.

En effet, si l'hypothèse des deux séries partant d'un même ancêtre et aboutissant d'une part aux singes actuels, de l'autre à l'homme, a été réalisée, on devrait trouver parmi les espèces fossiles des types intermédiaires aussi bien pour la série simienne que pour la série se terminant à l'homme. Or, pour la première, on connaît, de fait, un assez grand nombre de fossiles représentant passablement la généalogie phylétique des singes actuels ; pour la seconde, on ne trouve rien, absolument rien (2).

Preuve négative, dira-t-on ! C'est vrai, mais, dans

(1) Fr. Dierckx, S. J. *L'origine de l'homme d'après Ern. Haeckel*, t. XLVII, p. 390.

(2) D'accord avec un bon nombre d'anthropologistes distingués, le P. Wasmann est d'avis que le *Pithecanthropus erectus* n'est pas un de ces chaînons intermédiaires.

l'espèce, preuve, dont on ne saurait, semble-t-il, nier la valeur. Est-il scientifiquement vraisemblable que, seuls, les ascendants du singe aient eu leurs squelettes conservés, et que tous les ascendants de l'homme aient disparu sans laisser de traces (1) ?

Que valent les arguments tirés de l'embryogénie humaine ? Le P. Wasmann est d'avis que celle-ci ne présente aucune particularité qui ne puisse s'expliquer que par l'ascendance animale de l'homme. Si l'on signalait dans le développement de l'embryon humain quelque chose comme ce que Kükenthal a décrit pour la baleine, il faudrait parler autrement (2). Mais il n'en est pas ainsi.

Il faut donc regarder comme singulièrement hasardées les déclarations des biologistes qui parlent de la descendance animale de l'homme comme d'un fait acquis à la science, et c'est rendre un mauvais service aux doctrines transformistes, que de les appliquer systématiquement dans des cas où les observations semblent parler contre elles.

Telle est dans ses grandes lignes l'opinion du P. Wasmann sur l'évolution ; comme on l'a vu, loin de la repousser en bloc et *à priori*, il la considère comme la seule interprétation rationnelle d'un grand nombre de faits

(1) Une dernière supposition, qui, je crois, n'a pas été envisagée par le P. Wasmann, pourrait être faite par les évolutionnistes, et il faudrait en montrer l'inadmissibilité, pour avoir contre eux un argument rigoureux. On pourrait, en effet, imaginer, pour la série simienne, une évolution lente et passant par un grand nombre de formes intermédiaires, pour la série humaine une évolution rapide à partir de l'ancêtre commun. Ainsi s'expliquerait l'absence d'ascendants pour l'homme dans les espèces fossiles. Mais alors on devrait trouver l'homme fossile contemporain des premiers ancêtres du singe actuel et la paléontologie nous apprend que l'homme ne fait son apparition que beaucoup plus tard.

(2) Ce savant a montré que, pendant le développement embryonnaire, la baleine possède de véritables dents, tandis que les adultes en sont dépourvues. Comme, d'autre part, on connait des baleines fossiles qui, à l'état adulte, étaient munies de dents, on est incliné à supposer (le P. Wasmann dit, p. 228 : logiquement forcé de conclure) que nos baleines actuelles descendent de celles de l'époque tertiaire. Les dents que l'on ne trouve plus aujourd'hui que chez l'embryon seraient de simples organes témoins.

biologiques ; mais il demande que l'on n'affirme pas sans preuve la parenté phylétique de telles ou telles espèces. Nous ne voyons rien là que de très objectif et de très scientifique, et si le lecteur avait lu dans son texte l'étude du P. Wasmann, il se demanderait sans doute avec nous comment la science biologique allemande peut être mise en péril par des travaux où brillent une précision et une rigueur logique, que l'on aimerait à trouver toujours sous la plume des évolutionnistes vulgarisateurs. Ce qui, peut-être, court quelque danger (et nous aurions là une explication suffisante des colères du professeur d'Iéna), c'est l'hégémonie intellectuelle à laquelle prétend l'haeckélianisme.

Si Haeckel et ses amis étaient seuls à connaître la biologie, le public incompétent serait bien un peu entraîné malgré lui à accepter sans contrôle les dogmes du monisme. Mais que des philosophes théistes deviennent, comme savants, les égaux de leurs adversaires athées, qu'ils demandent respectueusement que l'on veuille bien se donner la peine de prouver ce que l'on affirme, cela rend un peu moins commode la position de ceux qui — je ne dirai pas, me servant du langage d'Haeckel, comme des charlatans — mais comme des imprudents, se mettent dans l'impossibilité de soutenir, devant un auditoire de spécialistes, ce qu'ils ont proclamé dans des réunions populaires.

Sans doute, parmi ceux qui attaquent nos idées religieuses, il y a des travailleurs de premier ordre et des hommes qui, pour rien au monde, ne voudraient violenter un fait en faveur d'une thèse, mais l'expérience a appris que tous n'ont pas de tels scrupules. Il est bon que de notre côté d'autres — fussent-ce même des jésuites — soient capables de les leur suggérer.

R. de Sinéty, S. J.

L'ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL

DU 30 AOUT 1905

Si un événement astronomique a été attendu avec une fiévreuse impatience, ce fut très certainement l'éclipse totale du 30 août 1905. Dès l'année dernière, à pareille époque, tous les observatoires se préparaient à ce grand événement. La trajectoire de l'éclipse fut étudiée dans ses moindres détails, toutes les Revues scientifiques discutèrent les conditions météorologiques locales et chacun se basant sur des moyennes de température et de nébulosité choisissait, un an à l'avance, l'emplacement qu'il croyait lui convenir.

Le trajet de l'éclipse favorisait d'ailleurs singulièrement la répartition des différentes missions. Le cône d'ombre devait commencer à toucher la Terre au Canada, au sud du lac Winnipeg, passait sur l'extrémité australe de la Baie d'Hudson, quittait l'Amérique un peu au-dessus de Terre-Neuve et, après avoir parcouru l'Atlantique en biais, prenait en écharpe la péninsule Ibérique, couvrant sur une largeur de plus de deux cents kilomètres toute la région comprise entre Oviedo et Oropesa.

De la côte orientale d'Espagne, le cône d'ombre, effleurant Majorque, se dirigeait vers le sud-est, entrait en Algérie non loin de Philippeville et Collo, puis continuait vers Sfax, Tripoli et l'Égypte pour finir en Arabie.

Sur tout cet immense trajet, accompli en 2 heures 53 minutes, la durée moyenne de l'éclipse totale était d'environ trois minutes, intervalle très suffisant pour mener à bien les opérations même compliquées.

On ne se fit pas faute de mettre au programme les expériences les plus difficiles et les plus nouvelles. Bref, la fièvre d'activité accompagnant les préparatifs de l'éclipse n'a de précédent, je crois, que dans la campagne entreprise en 1874 pour la mesure de la parallaxe solaire au moyen du passage de Vénus.

Le mois d'août, en Espagne, d'après toutes les données, n'est pas favorable aux observations astronomiques ; les orages y sont fréquents, la nébulosité moyenne très élevée, mais on peut toujours compter sur un aléa. D'autre part, rien n'est menteur comme une statistique météorologique ; l'étude d'un phénomène du genre d'une éclipse peut enfin tenir à une éclaircie momentanée. Toutes ces raisons, jointes à une grande facilité de pénétration en Espagne, firent choisir cette contrée comme lieu principal d'observation et, du cap Santander à Alcala, on ne vit pendant un grand mois que des astronomes accompagnés de leurs instruments.

L'Algérie et la Tunisie, en raison de l'éloignement des centres scientifiques, furent moins fréquentées et quelques missions seulement s'y rendirent.

Il y a déjà quatre mois que le phénomène est passé et il serait grandement temps de présenter un compte rendu des résultats. Malheureusement, je crains bien que ceux-ci n'aient pas donné aux astronomes toute la satisfaction désirable. Le temps a gêné un peu partout les observations et, sauf en quelques points privilégiés, le ciel a été plus ou moins couvert.

Nous allons exposer cependant, en suivant la trajectoire de l'éclipse, les résultats acquis définitivement.

I

LES OBSERVATIONS EN ESPAGNE

Au Labrador, les missions anglaises et américaines n'ont rien pu obtenir, le temps s'est montré absolument mauvais et il nous faut passer immédiatement en Espagne.

A Cistierna, se trouvaient réunis MM. Puiseux et Hamy, de l'Observatoire de Paris ; M. Lebeuf, directeur de l'Observatoire de Besançon ; M. Baillaud, directeur de l'Observatoire de Toulouse, accompagné de MM. Le Morvan et Chofardet. Le ciel s'est montré malheureusement couvert pendant toute la durée de la totalité.

A Burgos, le ciel très nuageux d'une façon générale, s'est néanmoins découvert en certains points pendant toute la durée de la totalité. M. G. Meslin, chargé d'une mission de l'Université de Montpellier. a fait des mesures relatives à la polarisation de la couronne. Il a constaté que la proportion de lumière polarisée est très sensiblement la même dans la région polaire et dans la région équatoriale ; elle est très voisine de 50 p. c. Ce nombre est identique à celui qui a été donné par M. Landerer pour une région située sur l'écliptique à quelques secondes du bord solaire. Cette proportion élevée de lumière polarisée semble indiquer qu'une partie au moins de la lumière nous arrivant de la couronne a subi des réflexions ou des réfractions. A l'aide du polariscope de Bravais, il a cherché les changements de teinte ou d'intensité, dans la zone polaire, dans la zone équatoriale et dans l'azimut de 45°, en donnant au nicol les deux orientations principales. Il n'a dans aucun cas constaté de polarisation elliptique, ni avec le bilame qu'il avait fait construire, ni avec le bilame ordinaire substitué au précédent un peu avant le troisième contact. Il conclut de ses observations que les réflexions dont il vient d'être

question n'ont pas le caractère de la réflexion métallique ou que les réfractions ne se produisent pas à travers des couches rendues biréfringentes.

Les observations de M. Treschel ont été intéressantes. « Ce qu'il y avait de remarquable, dit-il, était la courbure très accentuée des rayons partant du Soleil dans la direction nord-est, courbure constatée également par les Pères Jésuites du collège où je m'étais installé et qui s'occupaient de cette partie de la couronne. Il ne peut y avoir aucun doute sur cette courbure des rayons.

» Les rayons sud-ouest de la couronne atteignaient une longueur double du diamètre du Soleil. La courbure des rayons et l'aspect général de la couronne n'ont pas varié pendant la durée de la totalité.

» J'ai pu faire un croquis à la lumière même de la couronne, sans m'aider d'une lanterne. Un peu avant le commencement de l'éclipse, le baromètre est sensiblement descendu d'un millimètre, pour remonter tout aussitôt après ; mais cette variation de pression me semble plutôt avoir été produite par une dépression locale se manifestant par la présence de gros nuages orageux, qui ont même laissé tomber quelques gouttes de pluie, mais ne se sont pas réunis et ont été entraînés par le vent.

» L'obscurcissement causé par l'éclipse ressemblait en tous points à celui qu'on observe quelquefois à l'approche d'un gros orage en été, au milieu de la journée. »

M. Nielsen, au Campo de la Isla, près de Burgos, put constater cinq grandes protubérances sur le limbe est. Elles étaient de couleur rouge cerise vif ordinaire, sauf la quatrième, qui était un peu plus pâle vers le sommet. Plusieurs personnes à la même station auraient vu cette protubérance et toute la région chromosphérique entre la troisième et la cinquième protubérance de couleur vert chimique (coronium?). M. Nielsen s'assura aussitôt que ces personnes n'étaient pas atteintes de daltonisme. Une de ces protubérances resta visible très longtemps avant d'être

couverte par la lune qui s'avançait. En même temps deux protubérances apparaissaient dans le quadrant nord-ouest suivies, deux ou trois secondes plus tard, par une huitième dans le quadrant sud-ouest, toutes de couleur rouge ordinaire, ainsi que la chromosphère très bien visible autour du limbe ouest.

Le corps de la Lune paraissait comme un disque et non comme un globe. Il était de couleur noire bleuâtre terne.

Il fut impossible de voir l'ombre s'approcher, mais on la vit très nettement se dessiner sur des collines de quinze cents mètres de hauteur et assez éloignées vers l'est. Elle mit au moins une minute pour atteindre l'horizon.

M. Nielsen observa très bien les bandes d'ombre, elles allaient de l'ouest à l'est à la vitesse de cinq à six milles à l'heure. Il estima à trente ou quarante centimètres la distance qui séparait les bandes et à huit ou dix centimètres la largeur des bandes elles-mêmes.

Mgr Spée, astronome à l'Observatoire Royal de Belgique, qui s'était rendu à Burgos, eut l'heureuse idée d'employer plusieurs personnes pour avoir un dessin de la couronne, chacune d'elles ayant à reproduire un secteur déterminé à l'avance. Le succès fût complet et Mgr Spée a donné un très beau dessin dans le BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BELGE D'ASTRONOMIE du mois d'octobre. Voici la description du phénomène tel qu'il est apparu à Mgr Spée.

« La couronne se montra au moment précis où le croissant s'éteignit, et je ne pus constater sa présence même une seconde avant l'occultation complète ; je la jugeai moins brillante que dans l'éclipse du 28 mai 1900. Les mauvaises conditions atmosphériques rendent fort bien compte de ces deux particularités ; j'ai déjà signalé l'influence considérable qu'exerçait sur l'apparence et l'éclat de cette enveloppe du Soleil l'état de l'air. Sa lumière propre ne dépasse certes pas de beaucoup celle de la pleine Lune, et il suffit de la présence d'un léger brouillard pour

en affaiblir les rayons. Ceux qui nous arrivaient devaient traverser des milieux chargés de vapeur d'eau, milieux qui en absorbaient une partie.

« Au même instant que la couronne, je vis un arc rose, d'un ton assez vif, embrassant tout le contour est de la Lune. Cette vision ne dura que deux à trois secondes, après lesquelles le disque noir ne me parut plus qu'entouré d'un anneau, d'un blanc d'argent mat uniforme d'une largeur que j'estimai à deux minutes environ. A partir de cet anneau, très brillant, la lumière s'affaiblissait graduellement et de certaines régions partaient des faisceaux, inégaux en grandeur et en éclat, d'un caractère presque impossible à rendre avec un crayon. Suivant la ligne horizontale passant par le centre, il y en avait un à droite et un à gauche d'une longueur égale au diamètre de la Lune. Le plus étendu se trouvait dans le secteur d'en bas, vers l'ouest ; du même côté, mais dans le secteur d'en haut, se voyaient trois jets d'une lumière plus vive ; enfin, dans le secteur d'en haut, vers l'est, un faisceau compact était fortement incliné vers le pôle, comme s'il subissait l'action d'un souffle puissant. Tous les faisceaux proprement dits allaient en s'amincissant à mesure qu'ils s'éloignaient du bord. Je n'aperçus aucune protubérance.

« En somme le type, dans son ensemble, est bien celui qu'a présenté la couronne aux éclipses du 22 décembre 1870, du 6 mai 1883 et surtout à celle du 16 avril 1893. Or toutes ces époques, ainsi que la présente, coïncident avec des maxima d'activité solaire : cette similitude vient à l'appui de l'opinion générale, que les variations de forme et d'étendue de la couronne seraient liées aux troubles dont la photosphère est le siège. »

L'expédition belge dirigée par M. Damry a obtenu aussi quelques résultats satisfaisants dont nous dirons les principaux. M. Ventosa a déterminé les heures des contacts en observant avec une lunette binoculaire prismatique de Busch, grossissant linéairement douze fois, un oculaire

teinté pour l'observation des phases partielles, l'autre libre utilisable pendant la totalité. Les temps étaient notés au moyen d'une montre de précision et d'un compteur à secondes mis en mouvement ou immobilisé aux instants des contacts.

Par ces moyens relativement simples M. Ventosa a trouvé que le deuxième et le troisième contacts s'étaient produits dix-sept secondes en avance sur l'heure calculée, la durée de la totalité n'étant pas sensiblement altérée.

M. Quignon avait pris à tâche de guetter les franges d'ombre et de les photographier, si possible. Un écran blanc avait été adapté à cet effet à l'une des tentes dont on disposait. Trois appareils photographiques ont fonctionné sans résultat nettement visible, alors que l'opérateur voyait distinctement le phénomène onduler sur la toile.

La direction des franges était parallèle à celle de la marche de l'ombre de la Lune. Elles présentaient un écartement de 30 centimètres avec une largeur moyenne de 15 centimètres environ.

Plusieurs étoiles ont été identifiées : α Hydre, Procyon, Régulus ; Vénus était visible plusieurs minutes avant la totalité.

Les mesures d'intensité photogénique avant, pendant et après le phénomène, seront faites ultérieurement à l'aide des plaques obtenues.

Une autre mission du Bureau des Longitudes comprenant les astronomes de l'Observatoire de Bordeaux était installée dans la pépinière du service forestier du district de Burgos, à quinze cents mètres au nord-est de la ville. Elle disposait d'un équatorial photographique (doublet de Grubb de 12 centimètres de diamètre et de 110 centimètres de distance focale) et d'un équatorial visuel (objectif de 8 pouces et de $3^m,10$ de longueur focale) portant un spectroscope à trois prismes de 60°, en flint léger, capable de montrer facilement les raies du calcium com-

prises entre les raies D. Cet appareil était destiné à fournir des photographies du spectre de la couche renversante et des diverses régions de la couronne.

L'observation de l'éclipse ne put malheureusement se faire que pendant des intervalles très courts. Néanmoins, M. Courty a pu obtenir, à l'équatorial photographique, deux bonnes images de la couronne.

Dans le voisinage de Burgos, certains observateurs ont été encore moins bien partagés.

La mission du Bureau des Longitudes confiée à M. Deslandres et installée à Villargamar, à trois kilomètres de Burgos, n'a pu observer la totalité que pendant une minute. Mais ce court intervalle a été bien employé.

M. Fabry a pu faire une observation photométrique sur la lumière totale de la couronne et une observation sur l'éclat d'un de ses points.

M. Bernard, qui disposait d'un photomètre spécial, destiné à comparer les éclats de la lumière circumsolaire dans les diverses phases du phénomène, a pu faire aussi une mesure pendant la totalité.

MM. d'Azambuja et Sausot ont pu faire des mesures dans le spectre calorifique de la couronne avec deux appareils différents.

M. Kannapell a obtenu quatre épreuves photographiques de la couronne polarisée par réflexion.

Il a obtenu aussi une image de la couronne avec un spectrographe et la seule raie verte λ 530, image qui donne cette couronne aux pôles du Soleil, et qui, à ce point de vue, est nouvelle.

M. Blum a pu obtenir deux belles épreuves de la couronne intérieure avec des écrans colorés qui ne laissent passer aucune radiation gazeuse des protubérances. Le but était de reconnaître si les protubérances émettent réellement un spectre continu plus intense que les régions voisines. La comparaison de ces épreuves avec d'autres ordinaires permettra de résoudre la question.

M. Evershed, le spectroscopiste anglais bien connu, avait établi une très belle chambre prismatique près de Burgos ; mais il semble inutile de compter sur ses travaux car, le soir même, l'illustre astronome envoyait à la Royal Society un télégramme ainsi conçu : Nuages épais, aucun résultat.

A Almazan, trois missions étaient réunies. La première, américaine, d'Indiana University, ayant à sa tête M. J.-A. Miller, chef de l'expédition, et le Prof. Cogshall ; la seconde, mexicaine, de l'Observatoire de Tacubaya, ayant à sa tête le Prof. Gamma et le Prof. Gallo. Ces deux missions avaient principalement en vue la photographie de la couronne et étaient munies d'appareils gigantesques, notamment de lunettes de dix-huit mètres de longueur montées en cœlostats. Nous ne connaissons rien des résultats obtenus. Il n'en est pas de même de la troisième mission dirigée par M. Flammarion, directeur de l'Observatoire de Juvisy, qui s'était rendu dans cette localité, accompagné de Mme Flammarion son secrétaire, ainsi que de MM. Quénisset et Penso.

Malgré un temps très mauvais et un ciel couvert, la mission put voir le phénomène dans une éclaircie. Nous donnons textuellement le récit qu'en a fait M. Flammarion.

« Aussitôt que le disque noir de la Lune eut entièrement couvert le disque solaire, j'ai immédiatement été frappé par l'éclat des protubérances rouges qui se montraient sur le bord gauche ou oriental. Elles étaient parfaitement visibles, non seulement à la jumelle, mais encore à l'œil nu. Elles étaient non pas roses, mais *rouges*, d'un rouge vif de cerise et aussi faciles à voir que la couronne elle-même.

» Donc la couronne et les protubérances émettent une lumière assez intense pour traverser deux couches de nuages légers. Il me semble même que ces protubérances pourraient être observées sans éclipse si l'on pouvait, dans un ciel pur, au sommet d'une montagne élevée,

masquer le disque solaire par un écran de même dimension, entraîné assez loin de l'objectif d'un équatorial pointé sur le Soleil.

» Ces protubérances ou flammes rouges ont été visibles pendant une demi-minute. Je n'ai pas compté. Le spectacle est si beau, si splendide, si extraordinaire, qu'il est difficile de le contempler froidement. J'avais, par exemple, tout préparé, pour noter le moment du commencement de la totalité ainsi que celui de la fin, constater si la durée observée correspondait exactement au calcul, et ce projet s'est évanoui à l'instant précis où il pouvait être réalisé. Il en a été de même pour M. Quénisset, qui observait non loin de moi à l'équatorial, et pour M. Penso, qui suivait le phénomène par projection.

» Pendant la première demi-minute, les protubérances du bord oriental du Soleil frappaient par leur couleur rouge et leur éclat. La couronne, d'un blanc d'argent, paraissait légèrement verte, sans doute par un effet de contraste. Le disque lunaire, en s'avançant vers la gauche, les couvrit graduellement et les éclipsa. Au milieu de la totalité, pendant deux minutes peut-être, le bord solaire se montra absolument net. Mais avant la fin, et pendant un temps que j'estime également à une demi-minute, d'autres protubérances, démasquées par la Lune, se montrèrent à droite le long du bord occidental, moins importantes toutefois que les premières.

» A travers ce ciel nuageux, que nous avons photographié, le contour extérieur de la couronne était indiscernable. Mais la région la plus intense, voisine du Soleil, brillait avec un éclat notable. Les croquis que j'ai pu prendre *ne montrent que ce qui était visible dans ces conditions atmosphériques*.

» J'ai pu faire deux esquisses rapides de la couronne ainsi visible. Sa largeur égalait environ le sixième du diamètre du Soleil éclipsé, ou le tiers du rayon. Dans la première esquisse, les protubérances sont visibles sur le

bord gauche ou oriental du disque ; dans la seconde, on les voit sur le bord droit ou occidental. Au milieu de la totalité, aucune protubérance ne se montrait.

» Le diamètre de la Lune étant à cette heure-là de 32′45″,0 et celui du Soleil de 31′41″,4, le disque lunaire dépassait le disque solaire de 1′3″,6 ou 63″,6, c'est-à-dire par un anneau de 31″,8. Les flammes visibles ne devaient pas dépasser cette hauteur, sinon par des pointes ou des nuages rares, car le disque lunaire les a masquées pendant la majorité de l'éclipse.

» La couronne visible dans ce ciel nuageux pouvait mesurer environ 5 minutes. Les protubérances ne paraissaient pas surpasser une demi-minute, il semble qu'elles auraient dû être à peine perceptibles. Cependant, elles paraissaient fort élevées, même à l'œil nu, leur couleur rouge tranchant nettement sur le fond de la couronne argentée. Elles s'élevaient sans doute en pointes fines, dépassant peut-être 31″,8, mais trop fines pour être vues au milieu de la totalité, à travers les nuages.

» Ajoutons qu'elles occupaient un grand espace en longueur. Si l'on réunit les deux côtés observés dans la première et dans la seconde partie de l'éclipse, on obtient une troisième figure, qui montre le contour du Soleil au moment du phénomène.

» Le voile nuageux masquant le contour extérieur de la couronne, il m'a été impossible de savoir, à Almazan, si ce contour était régulier ou lançait des jets, des rayonnements, des aigrettes, à de grandes distances, comme je l'ai observé en 1900. Son uniformité circulaire, au moins par l'intensité visible, indiquait bien, comme aspect général, *le type correspondant au maximum de l'activité solaire, tout opposé au type équatorial de 1900, correspondant au minimum.*

» Il est superflu d'ajouter que si le ciel avait été pur, nous aurions vu les flammes solaires avec toute leur hau-

teur réelle, et la couronne avec toute son étendue. Nous n'avons vu que les régions les plus intenses.

» Là où le ciel a été pur, la couronne a été vue s'étendant à distance avec des rayonnements splendides. J'avais espéré que la photographie nous aurait aidés à reconnaître la forme exacte de la couronne et des protubérances ; mais, quoique la vision n'ait pas été par trop mauvaise à travers ce ciel nuageux, la chambre noire ne nous a rien donné du tout. Les nuages m'ont empêché également de répéter mes observations de 1900 sur la duplicité de la couronne. »

A Alcosèbre, M. Landerer a été favorisé d'un assez beau temps et a réalisé son programme qui portait sur l'étude de la polarisation de la lumière coronale. En 1900, cette étude avait montré que la polarisation commençait dès le milieu de la couronne intérieure. Il n'en a pas été de même cette année, la polarisation ne s'est montrée qu'au-dessus de cette couche, atteignant son maximum en pleine couronne extérieure. Sur les six photographies prises pendant la totalité, les deux images du disque lunaire apparaissent entourées d'une atmosphère lumineuse ayant à sa base la même intensité sur tout leur pourtour. L'action du prisme de Wollaston employé n'y est nettement visible qu'à partir des couches élevées de la couronne intérieure proprement dite.

Bien que la précision que l'on peut atteindre avec le procédé employé soit inférieure à celle du photopolarimètre, il permet néanmoins d'obtenir des résultats approchés au 1/10. La proportion de lumière polarisée dont il s'agit maintenant, mesurée sur les clichés à l'aide d'une gamme à dix intensités, savoir : zéro pour la lumière naturelle, 10 pour la lumière complètement polarisée, a été trouvée comprise entre 0,50 et 0,60, valeur qui diffère à peine de celle obtenue en 1900.

La durée de la totalité a été exactement celle de la

durée calculée, c'est-à-dire $3^m,42^s$, résultat obtenu en même temps par la mission Janssen établie non loin de là.

Cette dernière mission a obtenu avec M. Pasteur différentes photographies de la couronne, d'un intérêt médiocre d'ailleurs, car les clichés ne montrent plus de traces de lumière coronale à partir de 15′ du limbe de la Lune. Elles sont moins étendues que la couronne vue à l'œil nu.

MM. Millochau et Stéphanick, de la même mission, ont mieux employé leur temps en photographiant et en observant les spectres de la couche renversante et de la couronne.

La côte est de l'Espagne avait donné refuge à un grand nombre d'observateurs.

A Alcala de Chisvert, situé près de la totalité, se trouvait la mission de M. De la Baume Pluvinel. Nous savons, sans aucun autre détail, que, malgré les nuages, cet habile astronome a réalisé une bonne partie de son programme.

Nous citerons pour mémoire les observations de M. G. Tremblay et de M. Moye. Ce dernier a donné un dessin qui m'a paru singulier. Tous les panaches revêtent la forme d'ogives bien marquées ; M. Moye est le seul qui ait vu cette apparence, propre plutôt aux couronnes des périodes de transition et nettement marquée par exemple dans le beau dessin de M. Hansky en 1896. Je dois ajouter qu'à Sfax, où j'observais l'éclipse dans de très bonnes conditions, je n'ai rien vu qui approchât de près ou de loin de ces formes ogivales, pas plus à l'œil nu qu'à la lunette, et nos photographies ne montrent rien d'analogue. Bien plus, M. Moye est le seul observateur, jusqu'à ce moment, qui ait signalé ces apparences ; nous lui laissons toute la responsabilité de cette étrange vision.

Les travaux photographiques et spectrographiques beaucoup plus sérieux de MM. Simonin, Javelle et Colomas ne sont pas encore connus.

M. Comas Sola, directeur de l'Observatoire Fabra de

Barcelone, et M. Raurich ont obtenu de très beaux résultats à Vinaroz.

M. Comas Sola a pu faire trois photographies de la couronne avec un objectif Grubb de 15 centimètres monté sur pied équatorial ; les poses ont varié de 8 à 12 secondes. Dans ces photographies, on voit des filaments vers l'ouest du Soleil qui atteignent jusqu'à trois fois le diamètre solaire. Il y a des filaments courbes et un pinceau de rayons au pôle sud dont l'axe de symétrie coïncide avec l'axe du Soleil, ce qui rappelle l'aspect caractéristique de la couronne sur les pôles solaires pendant les époques de minimum d'activité. Les plus longs filaments sont équatoriaux et rectilignes. La plupart des protubérances sont très visibles dans les clichés (plaques anti-halo *special rapid* Ilford).

A l'œil nu et au commencement de la totalité, on a vu plusieurs protubérances, notamment à l'est, d'une couleur rouge très intense, semblable à celle de la région C du spectre. La couche coronale en contact avec la photosphère était très blanche, comme la lumière du magnésium.

Le premier contact intérieur a été observé par deux procédés : par l'observation directe de la disparition du dernier rayon de soleil et par l'observation de l'inversion du spectre au moyen d'une jumelle qui portait un prisme de 60° devant un des objectifs. L'apparition du *flash-spectrum* a précédé d'une demi-seconde l'appréciation du premier contact intérieur par vision directe, appréciation faite également au moyen d'une autre jumelle semblable. L'observation du renversement du spectre est due à M. A. Garcia. La couronne a été évidemment plus étendue et plus lumineuse qu'en 1900.

« Avec un objectif de 11 centimètres et un grand prisme de flint de 60°, dit M. Comas Sola, j'ai fait la photographie de plusieurs spectres chromosphériques, en me servant de la même monture parallactique que pour l'autre chambre. Dans ces photographies on remarque, en premier

lieu, que le spectre de la chromosphère est peu riche en raies, moins qu'en 1900. D'autre part, la majorité des grandes protubérances a donné un spectre continu.

» Les raies des protubérances ont été très diverses, selon leur origine. Dans les spectres des petites protubérances, il y a eu également de grandes différences. Dans presque tous, la raie H du calcium est invisible. Dans une autre petite photographie apparaît bien la raie H du calcium, mais les raies de l'hydrogène $H\gamma$ et $H\delta$ sont invisibles. La raie F est aussi invisible dans quelques protubérances. Cinq minutes avant la totalité, on voit renversée, dans la photographie du spectre de la chromosphère, la raie $H\gamma$, mais les raies H et K sont renversées quelques instants seulement avant le commencement de la totalité, ce qui a été confirmé par la pellicule que j'ai obtenue avec un cinématographe de M. Gaumont, dans lequel j'avais placé, devant son objectif de Goerz, un prisme de M. Mailhat. On doit conseiller ce procédé spectro-cinématographique comme un puissant auxiliaire des autres observations spectrographiques.

» La luminosité générale de l'atmosphère pendant la totalité a été plus intense qu'en 1900, sans doute par suite de la grande intensité lumineuse de la couronne. »

M. Raurich a pris un dessin dont il faut le féliciter ; c'est le meilleur, à mon avis, qui ait paru sur l'éclipse du mois d'août, et celui qui se rapproche le plus des photographies.

Dans la même ville se trouvait une mission anglaise dirigée par le P. Cortie, assisté de MM. Adrian Liddell, L. Cafferata et G. de Aquilera. Malgré de légers nuages qui passèrent devant le Soleil au commencement de l'éclipse, la réussite fut complète. Six belles photographies de la couronne donnant une image du Soleil de 53 millimètres de diamètre ont été obtenues à l'aide d'une lunette de 5 mètres de distance focale munie d'une lentille de 10 centimètres, instrument appartenant à l'Académie royale

d'Irlande. Ils ont, en outre, pris des photographies du spectre de la couronne.

A l'Observatoire de Tortosa, le P. Cirera, assisté d'un nombreux personnel, a pu utiliser une éclaircie d'une minute et demie pour prendre quatre photographies de la couronne, plusieurs dessins, ainsi que bon nombre d'observations sur les éléments météorologiques.

Le P. Lucas, très connu de nos lecteurs, et le P. Wulff ont déterminé la durée de la totalité à l'aide d'un appareil nouveau de leur invention et basé sur les propriétés électriques du sélénium.

M. André, directeur de l'Observatoire de Lyon, campé non loin de là, a été moins favorisé. Malgré les nuages il a pu, il est vrai, observer les contacts extrêmes, mais le ciel a été couvert pendant toute la totalité. Les mesures d'ionisation et de champ électrique ont été poursuivies pendant toute la durée de l'éclipse.

D'après un correspondant écrivant au Times, quelques observations intéressantes et d'un caractère simple furent faites par des astronomes amateurs à bord de l'*Arcadia* qui, au moment de l'éclipse, se trouvait près de la côte d'Espagne, non loin de Castellon. Des membres de la British Astronomical Association étaient à bord ; ils s'organisèrent pour observer les divers détails du phénomène. Des nuages passaient sur le Soleil, mais il y avait des intervalles de clarté parfaite. On vit les *grains de Baily* en même temps que les bandes d'ombre. La couronne était très compacte, très brillante et de teinte argentée. Un seul rayon s'élançait d'une façon remarquable hors de la couronne, mais il existait également quatre ou cinq banderoles plus faibles. Les protubérances parurent plus pâles que de coutume.

A bord d'un autre steamer, l'*Ortona*, le Docteur Larmor a observé le phénomène. Voici ses conclusions : La couronne était très belle et très détaillée, de sorte qu'il est très difficile d'en donner la description générale. Quelques

banderoles semblaient se croiser, elles n'étaient certainement pas toutes radiales. On les voyait d'une façon certaine jusqu'à environ deux diamètres solaires. Elles étaient distribuées tout autour du Soleil, mais principalement au sommet gauche (45° du sommet) du limbe. Sur le limbe inférieur gauche se trouvait une longue banderole de peu de largeur.

Les protubérances étaient distribuées plus ou moins régulièrement autour du Soleil. Une, principalement, se faisait remarquer dans le quadrant gauche supérieur. Leur couleur était beaucoup moins vive qu'on s'y attendait ; elles étaient simplement de teinte violette ou rosée.

Les bandes d'ombre furent observées sur le pont du navire à la fin de l'éclipse.

En raison de son grand rapprochement de la ligne de totalité, l'île Majorque avait donné asile à de nombreuses missions, dont la plus importante était celle de l'Observatoire de physique solaire de South Kensington. Le temps s'est montré, en général, un peu plus favorable qu'en Espagne. Voici une partie de la relation de Sir N. Lockyer.

« Au moment du premier contact, il y avait très peu de nuages dans la région voisine du Soleil, et nous observâmes ce premier contact dans d'excellentes conditions. Peu à peu, on vit une grande bande de nuages s'élever de l'ouest, et ce fut bientôt une sorte de course de vitesse entre les nuages et le moment du second contact, ou le commencement de la totalité. Le croissant diminuait progressivement à mesure que les nuages devenaient de plus en plus épais devant le Soleil. Les nuages l'emportèrent ! Le moment du second contact ne put être observé ! Nous poursuivions cependant notre programme, bien que nous sachions que nous ne photographions rien. Vénus se montra tout à coup dans l'ouest à travers une éclaircie.

» Il y avait heureusement deux courants d'air différents dans les régions supérieures, l'un venant du sud et l'autre de l'ouest. La rencontre de ces deux courants pouvait

amener la disparition des nuages sur le Soleil, et nous donner pendant quelques instants une vue de la couronne à travers un voile moins épais ; les intervalles de clarté se produisirent vers la fin de la totalité. L'apparition de la lumière du Soleil au bord nord-ouest du Soleil annonça la fin de la totalité, et termina ainsi le travail des instruments et de la grande majorité des divers détachements.

» Nous étions tous très désappointés. Tant de fatigues pour faire de la bonne besogne avec toutes les garanties possibles de réussite, et hélas ! obtenir un si piètre résultat ! Les chambres prismatiques de grand pouvoir dispersif et les réflecteurs prismatiques de grande longueur focale, pour ne rien dire des objectifs à long foyer destinés à fournir des négatifs à trois couleurs, ne pouvaient donner de bons résultats dans un ciel nuageux.

» Pendant les quelques instants libres entre les expositions des différentes photographies dans mon instrument, je vis assez la couronne pour reconnaître quel merveilleux spectacle elle aurait été par un ciel sans nuages. L'un des détails caractéristiques de cette éclipse fut la protubérance rouge extrêmement brillante située dans le quadrant nord-est ; je ne vis rien de semblable lors des éclipses de 1898 ou de 1900. D'après certains observateurs, le paysage fut illuminé par cette belle protubérance et on signale des effets de coucher de soleil.

» La couronne elle-même était du type maximum, les rayons radiant dans toutes les directions même très près des pôles. Au pôle nord il y avait une région montrant les belles fentes que l'on voit surtout dans les éclipses de minimum, mais au pôle sud cette structure caractéristique n'existait pas. Malheureusement, le limbe oriental et le limbe occidental étaient voilés par un nuage plus épais que la région nord et sud au moment où j'avais la possibilité de regarder. Ce fut donc vers les pôles solaires que je vis les plus longs rayons coronaux, et deux dans le

quadrant sud-est s'étendaient au moins à deux diamètres solaires.

» L'éclipse terminée, il n'y avait plus qu'à rassembler les plaques photographiques exposées et à commencer l'emballage des instruments. Le soir, la moitié de l'ouvrage était déjà faite.

» Dans la fraîcheur de la nuit on commença le développement des plaques. On choisit d'abord celles qui avaient chance d'être impressionnées. Pour résumer ce qui a été obtenu, maintenant que la série entière est développée, nous dirons que nous avons été beaucoup plus heureux que nous l'espérions. M. Butler, à l'aide du réflecteur prismatique, obtint une excellente image de la couronne inférieure, le diamètre solaire étant d'environ 21 centimètres.

» M. F. Mc Clean, avec le coronographe de 16 pieds, obtint une belle photographie de la couronne avec des détails excessivement nets et une grande extension.

» Le lieutenant Trench, avec le coronographe De La Rue, fut assez heureux pour prendre trois négatifs qui seront très utiles, car ils sont bien au point.

» Malheureusement, les longues expositions exigées pour la chambre à trois couleurs manœuvrée par Lady Lockyer ne donnèrent rien à cause des nuages.

» M. Clift, avec le 3 1/2 pouces de Newton monté équatorialement, a obtenu deux bonnes expositions.

» L'instrument que je devais manœuvrer m'a fourni quatre bons négatifs : l'un montre l'anneau coronal vert plus évident que sur les photographies prises pendant les éclipses de 1898 ou de 1900 et aussi plusieurs autres anneaux distincts.

» Le spectre de la chromosphère inférieure, au commencement et à la fin de la totalité, n'a pas été obtenu.

» M. Howard Payn a eu une bonne image sur deux expositions, et cette image montre le spectre des grandes protubérances et l'anneau vert coronal.

« Les observateurs des bandes d'ombre ont réuni une grande somme d'informations en ce qui concerne leur grandeur, la vitesse et la direction de leur mouvement.

« Les dessinateurs de la couronne donnèrent des résultats très concordants, et les autres groupes fournirent aussi des documents très utiles qui seront publiés plus tard, car les observations n'ont pas encore été comparées.

« Peut-être serons-nous un peu plus savants lors de la prochaine éclipse et pourrons-nous dire en quelles régions il fera beau temps ou mauvais temps sur la trajectoire de l'éclipse. »

La mission des Pères Jésuites, dirigée par le P. Algué de l'Observatoire de Manille, a été plus heureuse. Le ciel se montra très beau et on a pu prendre un grand nombre de dessins et de photographies.

II

LES OBSERVATIONS EN ALGÉRIE, EN TUNISIE ET EN ÉGYPTE

Les astronomes qui avaient déserté la vieille Europe pour gagner le territoire africain ont été bien inspirés. Partout le ciel s'est montré favorable et, de Philippeville à l'Égypte, on a pu accumuler de nombreux documents dont les résultats n'ont pas encore été donnés complètement.

A Philippeville, M. Nordmann a observé le magnétisme et l'électricité atmosphérique. Dans cette ville, où se proposait de s'établir primitivement Sir Lockyer, le temps a été superbe.

M. Piltschikoff a mesuré la quantité de lumière polarisée, à 10 degrés, et dans le vertical du Soleil. Il a montré antérieurement que cette proportion de lumière est constante, quelle que soit l'illumination de l'atmosphère, et que l'on ait affaire au Soleil ou à la Lune. Elle est plus forte pour le bleu que pour le rouge. Pendant

l'éclipse actuelle, au point du ciel ci-dessus, la proportion de lumière polarisée était de 62 pour 100 avant et après l'éclipse, pour le bleu, de 57 à 54,5 pour 100 pour le rouge. Pour le bleu, pendant la totalité, ce chiffre est tombé à zéro, mais il y a incertitude sur ce résultat.

Notons encore les observations météorologiques faites à Constantine par MM. Henry de la Vaulx et J. Joubert, à terre, en ballon monté et en ballon sonde. Au moment de la totalité, la température a subi une baisse de 5° à terre et de 3° à 4° dans les couches supérieures. L'obscurité a été plus grande à 2500 m. qu'à terre même. Le mouvement tournant du vent a été très caractéristique ; non seulement il a été observé à terre, mais encore la trajectoire de la marche suivie par le ballon montre que celui-ci a décrit un arc de cercle de 270°. Aussitôt après l'éclipse, le vent est revenu à sa direction initiale.

A El Arrouch, la mission de M. Andoyer de Paris a pu prendre 11 clichés pendant l'éclipse à l'aide d'un objectif photographique de 140^{mm} d'ouverture.

A Souk Ahras nous trouvons une mission allemande avec le professeur Scharr, directeur de l'Observatoire de Hambourg, qui avait amené une lunette photographique dont le tube, non démontable, de 20 mètres de longueur présenta les plus grandes difficultés de transport. On obtint des photographies du Soleil de 18 centimètres de diamètre pour la couronne intérieure. La mission recherchait en même temps, au moyen d'instruments mieux appropriés, l'extension coronale et les planètes intramercurielles. La discussion des observations n'est pas encore terminée.

A Guelma s'étaient établies plusieurs missions assez importantes, sous la direction de M. Trépied (mission française), du professeur Schwarzschild (mission allemande) et de M. Dinwiddie (mission américaine).

M. Trépied a obtenu sur ses photographies en dehors de l'éclipse, le disque lunaire visible sur la couronne.

A Sfax, des quatre missions établies aucune n'a encore donné des résultats définitifs.

La première mission dirigée par Sir Christie, astronome royal, se proposait, en outre des études spectroscopiques, de faire des photographies à grande échelle. Qu'a-t-elle obtenu? Mieux, pensons-nous, que ne le feraient croire ces dépêches rédigées à la hâte après le phénomène.

« Bien que le ciel fût partiellement nuageux, l'éclipse a été très bien observée et photographiée. La couronne vue à Sfax, était du type *maximum* caractéristique, avec des banderoles s'étendant au moins à *deux diamètres* du disque et de couleur rosée ».

« Le jour de l'éclipse fut de beaucoup le plus mauvais de notre séjour à Sfax, dit Sir Christie. Les nuages diminuèrent un peu dans la matinée, mais il resta un voile brumeux sur le Soleil qui fut renforcé, à mesure que le temps avançait, par la lumière des nuages détachés couvrant le nord-ouest.

» Le Soleil ne fut jamais caché plus de quelques secondes, mais c'était suffisant pour compromettre le travail des grosses lunettes. A mesure que la lune cachait le Soleil, la température qui était de 32°,2 descendit à 28°,9.

» Le nombre des observateurs s'accrut de quelques officiers et marins du *Suffolk*, qui devaient surveiller les phénomènes secondaires, compter les secondes au métronome, etc.

» La lumière devint étrange et on aperçut les bandes d'ombre dansant sur le sol et les murailles. Vénus brillait et peu après, Arcturus. Sir William Christie observait la diminution graduelle du disque du Soleil sur la glace de la chambre Thompson et, 20 secondes avant la disparition du disque, cria le « Stand by ». Tout était prêt.

» Alors se produisit un intervalle beaucoup plus long jusqu'à la totalité et que l'on ne pouvait s'expliquer sur le moment, mais que l'on comprit plus tard. Il ne semble pas

qu'il y ait eu un commencement bien défini pour l'éclipse. Le croissant ne disparut jamais totalement, ou plutôt il se changea en un magnifique groupe de protubérances distribuées sur un arc d'environ 30 degrés, près de l'endroit où l'on avait vu la disparition du disque vrai du Soleil. Elles devaient avoir une hauteur immense, et il s'écoula au moins 30 secondes avant qu'elles fussent cachées par la lune qui s'avançait.

» En même temps et graduellement aussi émergea la couronne. Les observateurs qui avaient déjà vu d'autres éclipses ont dit que c'était une *pauvre* couronne. Pour les autres, il n'en était pas de même.

» A la place du croissant du Soleil, un disque noir comme de l'encre se projetait sur le ciel avec une paire d'immenses protubérances roses à l'est de son sommet, et de toutes les parties de la circonférence, des rayons et des banderoles de substances pâles, mais définies, réparties avec l'irrégularité la plus grande, brillaient autour du bord du disque, et se perdaient pour l'œil à deux diamètres de distance. La plupart des observateurs virent une teinte rosée dans cette couronne. Pour d'autres, elle avait la teinte de l'argent pur ou du gris d'aluminium. Elle était très certainement du type associé au *maximum* des taches. Beaucoup d'étoiles furent visibles, bien que le ciel ne fût jamais très noir. Les 200 secondes passèrent trop vite, et avec un éclat surprenant le disque du Soleil commença à réapparaître. Il ne restait plus qu'à grouper les résultats et à déterminer à quel point le commencement indéfini avait nui au programme. La plupart des observateurs ont pris avec succès sept photographies sur huit. Jusqu'à quel point le brouillard et la lumière diffuse du ciel ont-ils affecté ces photographies, c'est ce que l'on ne sait pas encore. »

La mission italienne dirigée par le docteur Zona n'a pas non plus donné signe de vie depuis le 30 août. Néanmoins le docteur Zona a proposé une explication

assez ingénieuse des bandes d'ombre. Ces bandes auraient, d'après lui, une origine purement atmosphérique.

Il a observé que les rayons de lumière, dirigés par un projecteur de navire de guerre sur une muraille à plusieurs kilomètres du navire, montrent exactement la même sorte de bandes lumineuses et sombres visibles à Sfax pendant la récente éclipse solaire.

Il avait aussi remarqué que la lumière de Vénus, projetée à travers une petite fenêtre sur la muraille opposée de la chambre où il était assis, montrait le même aspect.

Le docteur Zona suppose que les vibrations atmosphériques, causant l'agitation du limbe solaire observé directement, sont la seule et véritable cause des bandes oscillantes vues pendant les éclipses totales.

La troisième mission établie à Sfax était celle de M. Bigourdan, astronome de l'Observatoire de Paris, accompagné de MM. Dehalu et Gorissen, astronomes belges et de M. Eysséric. Les grains de Baily ont été aperçus très nettement. Le principal instrument de la mission était une lunette horizontale de 10 mètres de distance focale et 20 centimètres d'ouverture avec miroir monté en cœlostat. Cette lunette, ainsi que le châssis photographique, contenant la provision de plaques, était, paraît-il, montée pour la première fois et n'avait pas encore été essayée. Il ne faut donc pas s'étonner du fait qui arriva au moment de l'éclipse. La nervosité des opérateurs est toujours à craindre dans ces difficiles occasions, et l'on se trouve bien de faire de nombreuses répétitions avant l'événement si l'on veut écarter toutes chances d'insuccès. Après deux poses, le châssis magasin ne voulut plus fonctionner et c'est grand dommage, car les deux clichés obtenus donnent beaucoup de détails de la couronne intérieure. Chaque plaque porte en outre une échelle d'intensité qui permettra d'évaluer d'une façon précise l'éclat relatif photogénique des diverses régions coronales. L'échelle a été obtenue en exposant à une

lumière d'intensité connue et avec des poses croissantes une série de petits carrés au bord de chaque plaque.

La même mission a fait aussi un essai de photographie monochromatique, en posant à l'aide d'un écran vert qui ne laissait passer que les rayons voisins de λ 530. Le cliché a montré une étendue coronale s'étendant à 30′ seulement du bord lunaire, soit environ une fois seulement le diamètre du Soleil ; mais, tel qu'il est, ce cliché nous semble à peu près inutilisable en raison de deux images secondaires produites par une double réflexion intérieure qu'on n'avait pas aperçue.

Le programme spectrographique a pu être complètement rempli à l'aide de deux spectrographes à fente, chacun à deux prismes et produisant une déviation de 90°.

Le collecteur de lumière avait $0^m,80$ environ de foyer et $0^m,15$ d'ouverture. Les fentes étaient assez longues pour déborder considérablement le Soleil de chaque côté, de manière à obtenir la composition de la lumière coronale sur quatre points, correspondant à peu près à l'équateur et à l'axe du Soleil.

On avait ajouté diverses expériences de photométrie oculaire et photographique dont nous ne connaissons pas encore les résultats.

La mission Bigourdan avait, en outre, installé une station magnétique avec les trois instruments enregistreurs ordinaires : déclinomètre, balance et bifilaire. Les observations, organisées par M. Dehalu, n'ont montré de trouble magnétique notable que la veille de l'éclipse. Pour se prononcer définitivement sur l'influence de l'éclipse, il est nécessaire de comparer les courbes du 30 août à celles obtenues avant et après ; mais, dès maintenant, on peut dire que, à Sfax, cette influence a été au moins très faible.

La quatrième mission était celle de l'auteur de cet article (mission Moreux du Bureau des Longitudes).

Notre programme comportait un nombre assez restreint

de recherches qui peuvent être énumérées dans l'ordre suivant :

1° Détermination de l'heure des contacts au moyen d'un chronographe enregistreur spécialement construit à cet effet ;

2° Dessin de l'éclipse à l'œil nu.

Ces deux parties du programme m'étaient réservées et, bien que je les aie remplies avec toute la satisfaction désirable, je dois avouer que l'exemple n'est pas bon à imiter et que je ne les recommencerais pas volontiers, une seule occupation étant largement suffisante pour employer les moments précieux d'une éclipse.

3° Détermination de l'extension coronale au moyen d'objectifs à grande luminosité, et recherche (?) d'une planète intra-mercurielle. Ce travail avait été confié à M. l'abbé Marchand, mon secrétaire, ainsi qu'à M. Maquaire, directeur de la fabrique Pillivuyt, à Mehun, et attaché comme photographe à la mission.

4° Recherche des variations électriques de l'atmosphère pendant la totalité. Cette partie très délicate avait été réservée à M. Salles, physicien attaché au laboratoire du Collège de France.

Le cinquième membre de la mission, M. Baudon, avait été bénévolement prêté à la mission Bigourdan.

La détermination des contacts, surtout celle du premier, est une chose plutôt difficile, et je compris, le 30 août dernier, combien je devais me féliciter d'avoir fait mes premières armes en Espagne, dans la belle oasis d'Elche, alors que j'observais l'éclipse aux côtés de M. Flammarion et du comte de la Baume-Pluvinel.

L'appréciation de l'heure devient un problème insurmontable, même avec un bon chronomètre réglé, et sa solution complètement illusoire, lorsqu'on a la prétention d'avoir le dixième de seconde. Un chronographe enregistreur devient donc absolument indispensable.

Je m'étais entendu depuis longtemps avec mon ami

M. Paul Ditisheim, le constructeur qui a créé l'année dernière l'horloge la plus parfaite sortie des mains de l'homme, pour lui faire exécuter un chronographe enregistreur assez portatif et facilement maniable (fig. 1). M. Ditisheim était en mesure de me livrer, dès les premiers jours du mois d'août, un chronomètre enregistrant

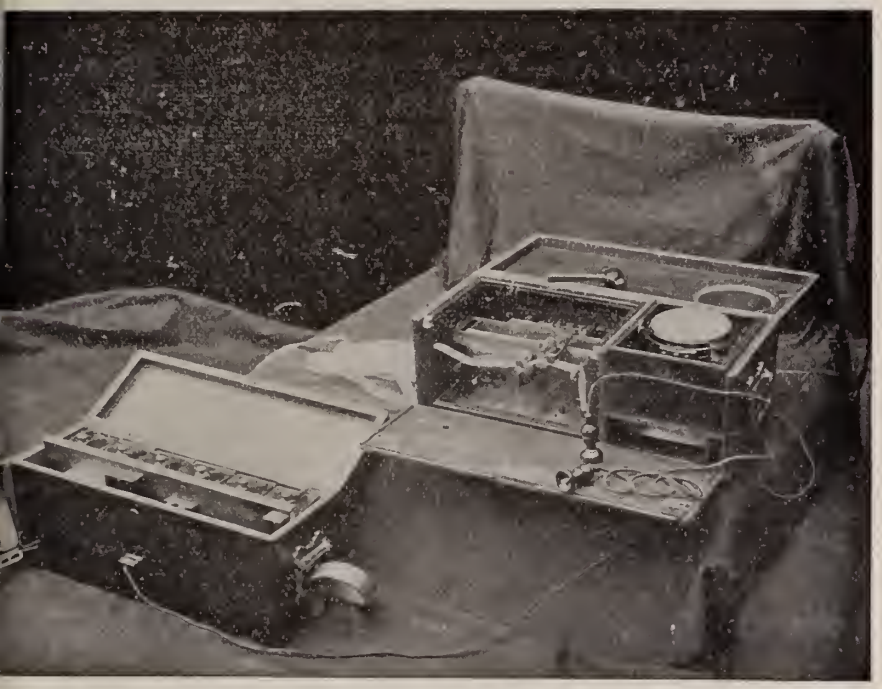


Fig. 1. — Chronographe enregistreur de M. Paul Ditisheim.

l'heure au centième de seconde sur une bande de papier se déroulant très régulièrement et à la façon d'une bande de télégraphe Morse. C'était plus qu'il n'en fallait.

Je suis au dernier regret de ne pouvoir, même aujourd'hui, donner à mes lecteurs tous les résultats obtenus à l'aide de ce remarquable instrument, les corrections de l'heure faites à Sfax par M. Bigourdan n'étant pas encore prêtes.

Mais j'ai pu toutefois apprécier la durée de l'éclipse et les nombres obtenus sont très intéressants, comparés à ceux de la durée calculée.

MM. Todd et Baker, dans POPULAR ASTRONOMY (mai 1905) avaient donné pour Sfax : grandeur de l'éclipse : 1,020, durée : $3^m28^s,3$; tandis que l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES avait donné 1,021 et une durée de 3^m21^s ou $3^m,4$. Cette même durée avait été calculée par M. Landerer qui avait trouvé le nombre de 3^m26^s. Le chronographe enregistreur a indiqué une durée totale de $3^m23^s,2$, chiffre assez voisin de celui qui a été déduit de la CONNAISSANCE DES TEMPS.

Ces erreurs très petites se font cependant sentir dans le tracé de la limite de l'éclipse. Ainsi Sousse et Gabès, qui étaient à la limite septentrionale et méridionale de la zone de totalité, n'ont pas eu l'éclipse totale, comme j'ai pu m'en assurer par le témoignage d'observateurs envoyés dans ces deux villes. Il est vrai qu'à Gabès, d'après M. Landerer, la grandeur de l'éclipse devait être de 0,999.

Nous avons donc encore besoin de remanier les chiffres d'après lesquels nous calculons les éléments des éclipses, bien que nous ayons atteint sous ce rapport une assez grande exactitude. L'important est d'admettre un diamètre lunaire exact.

Pendant tout le temps qu'a duré l'éclipse partielle, j'ai suivi avec des grossissements différents l'envahissement du disque solaire ; les montagnes de la lune se découpaient très nettes sur la photosphère et, au moment précis où le bord lunaire atteignait une tache solaire, je n'ai rien remarqué d'anormal, en tout cas rien qui indiquât la présence d'une atmosphère à la surface de notre satellite.

Au moment du second contact, le phénomène connu sous le nom de grains de Baily apparut très nettement ; occupé comme je l'étais à surveiller le moment précis du contact, je n'ai pu prendre un dessin exact du phénomène.

Les premiers rayons de la couronne ont été vus

Fig. 2. — La couronne solaire. Éclipse du 30 août 1905
(Dessin pris à Sfax, par l'abbé Moreux).

sûrement cinq secondes avant la totalité, à l'ouest du Soleil, et huit secondes après la fin. La totalité est enfin commencée. Mes collaborateurs ont eu une petite désillusion ; ils s'attendaient en général à une couronne plus étendue. Le spectacle fut cependant d'une idéale beauté (fig. 2).

La chromosphère entourant le Soleil était d'un rouge violacé resplendissant ; de belles protubérances s'élevaient çà et là comme des panaches de fumée tranquille. Deux d'entre elles étaient nettement antipodales, fait qui a été souvent signalé. Deux autres présentaient dans leur moitié supérieure une coloration argentée, ce qui n'a pas été observé, que je sache, depuis l'éclipse de 1885. Au delà de la chromosphère, la couronne intérieure était puissamment lumineuse, teintée non pas en vert comme on l'a souvent constaté, mais en bleu pâle, avec, sur ses bords, des rayons dorés d'une teinte chaude rappelant l'or rouge. Les jets coronaux à l'œil nu me parurent très droits et cessaient d'être visibles à un diamètre et demi du Soleil.

Dans la partie supérieure apparaissait un rayon massif très lumineux à sa base, dirigé à peu près tangentiellement au bord solaire ; il était accompagné de deux autres rayons plus petits, moins lumineux et parallèles à la direction du premier. Sur la droite, après l'amorce d'un premier jet, en partait un second très important et dirigé à peu près normalement. Un peu plus bas s'échappait un troisième rayon tangent, moins long et plus difficile à distinguer.

Dans la partie inférieure, l'œil pouvait saisir six jets coronaux dont trois facilement visibles : c'était l'amorce de rayons courbes et beaucoup plus longs, ainsi que nous le verrons sur les photographies. A l'est enfin, apparaissaient noyés dans une forte lumière deux rayons faisant entre eux un angle droit et dont l'intervalle lumineux était comblé par une matière blanche se dégradant insensiblement sur le fond du ciel.

L'aspect du paysage était fort caractéristique. La colo-

ration dominante était d'une teinte neutre telle qu'on l'obtiendrait en mélangeant du jaune et du vert pâle avec de la terre d'ombre.

L'obscurité n'a été complète à aucun moment de la totalité, puisque j'ai pu lire mon chronomètre à $1^m,50$ de distance sans aucune difficulté. On eût dit un crépuscule bizarre où les ombres des objets avaient presque disparu et où toutes choses revêtaient une teinte à peu près uniforme. L'obscurité moins grande qu'en 1900 s'explique assez facilement par deux raisons. La première, c'est que la couronne était réellement plus lumineuse, bien que moins étendue ; la seconde provenait d'une hauteur plus grande du Soleil au-dessus de l'horizon. L'éclipse s'est produite à Sfax à $2^h\ 25^m$, alors qu'en 1900, en Espagne, le phénomène eut lieu après 4 heures du soir.

C'était avec une certaine appréhension que j'avais abordé l'étude de l'extension coronale au moyen d'objectifs à grande luminosité. Comme l'expérience était nouvelle, je crois, je n'avais aucune raison de réussir, d'autant que mes objectifs d'ouverture *f:* 4,3 étaient composés de 4 lentilles, fait qui a toujours été considéré comme très défavorable, en raison des multiples réflexions. Il ne coûtait cependant que d'essayer. Les résultats ont dépassé notre attente. Non seulement nous avons obtenu une très belle couronne, dont certains rayons atteignent *quatre fois* le diamètre du Soleil, mais l'extension de la couronne extérieure y est très marquée (fig. 3).

Nos clichés, excessivement nets, perdent beaucoup à l'agrandissement et plus encore à la reproduction. La gravure ne donne que les principaux rayons. Ceux-ci s'étendent beaucoup plus loin qu'on pouvait les voir à l'œil nu et la conclusion à en tirer est que désormais, pour les éclipses, la photographie avec objectifs très lumineux s'impose. Quant à la couronne extérieure, nos plaques donnent une extension, en forme d'ellipsoïde plus ou moins déformé, tout autour du Soleil.

Fig. 3. — L'Éclipse solaire du 30 août 1905. Mission Moreux à Sfax.
Agrandissement d'une photographie prise avec un objectif Moreux de grande luminosité.
Pose : 8 secondes.

Le grand axe du côté ouest s'étend à près de 14 fois le diamètre de la Lune, soit 7°32′ exactement. A l'est, la limite ne dépasse pas dix fois, soit 5°35′. Au nord et au

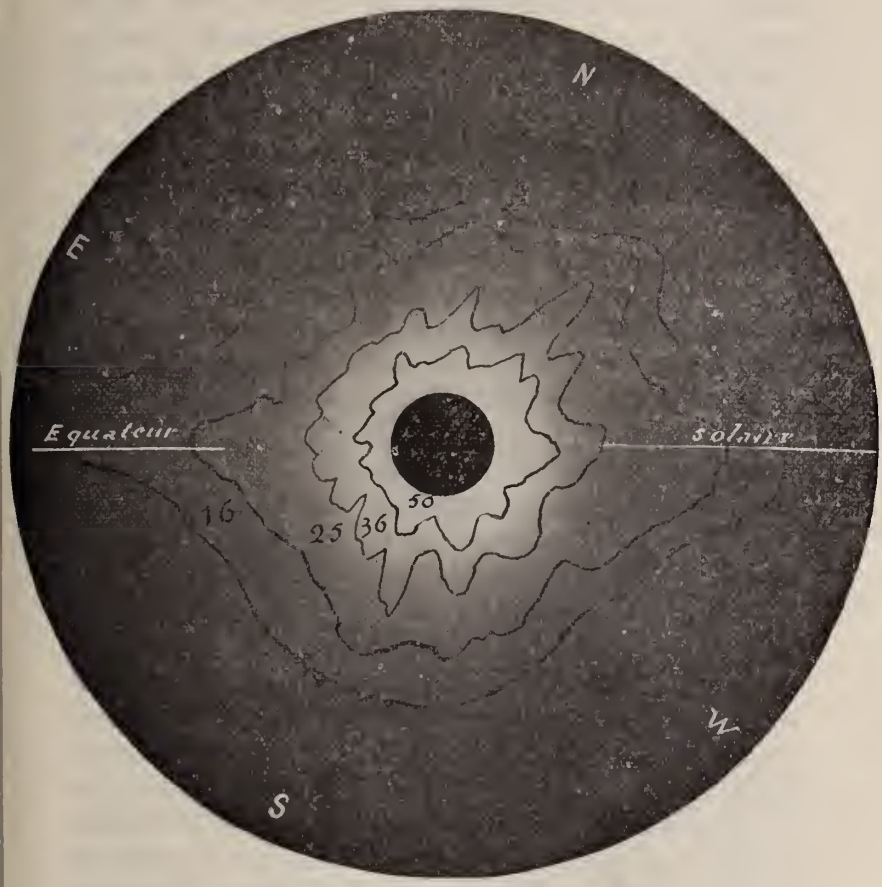


Fig. 4. — Éclipse du 30 août 1905. Courbes isophotiques de la couronne intérieure (Cliché de la mission Moreux, à Sfax).

sud, la largeur est beaucoup moindre, 4°28′ au nord et 3°21′ dans la partie opposée.

En résumé, le Soleil n'occupe pas le centre de l'ellipsoïde dont le grand axe mesure 13°,5 et le petit axe environ 8°. Il n'est pas du cadre de cet article de faire

ressortir les conclusions qu'impose cette constatation : elles seront très intéressantes pour la physique solaire.

L'existence de la couronne extérieure, très développée même aux périodes de maximum d'activité, peut désormais être considérée comme un fait acquis. Sa direction générale est celle de l'équateur solaire ; il serait intéressant de savoir si elle coïncide avec l'axe de la lumière zodiacale dont elle me paraît faire partie, et qui est elle-même plus ou moins excentrée par rapport au Soleil.

J'ai développé, dans mon livre *Le Problème solaire*, la façon dont la lumière zodiacale peut donner lieu aux différentes formes d'activité solaire. Mes idées depuis 1900 ont très peu changé à ce sujet, et j'avoue que c'était en grande partie pour confirmer mes hypothèses que j'avais résolu de rechercher l'extension coronale lors de la dernière éclipse.

Au point de vue de l'intensité lumineuse, les mesures faites sur les clichés ont montré que l'éclairement diminue à peu près en raison inverse du carré de la distance. Cette loi qu'on peut regarder comme très approchée pour la couronne intérieure (fig. 4), semble totalement en défaut à partir de la quatrième zone sur le dessin, surtout dans les régions équatoriales et polaires. Ceci provient vraisemblablement des jets coronaux formés de poussières repoussées par la lumière solaire, et qui sont distribués inégalement dans l'espace suivant les périodes d'activité

En prenant comme unité l'intensité de la dernière courbe extérieure, on voit que les courbes isophotiques (fig. 5) — c'est-à-dire de même luminosité — ne sont pas échelonnées régulièrement jusqu'à la chromosphère, dont l'intensité est représentée par 55 à peu près.

Toutes les plaques qui m'ont servi pour les photographies de la couronne sont des plaques anti-halo de l'usine Saint-Clair de Bordeaux, dont je me sers habituellement. Celles employées pour l'éclipse avaient été mises à ma disposition par M. F. Saint-Clair, que je suis heureux de remercier.

J'avais aussi essayé de photographier la couronne avant et après l'éclipse, mais les plaques lentes Lumière, que j'ai employées avec des poses très courtes, n'ont rien donné d'intéressant. Cet essai n'est donc pas à recommencer dans une semblable occasion.

Les recherches des variations du champ électrique de l'atmosphère avaient été confiées, ainsi que je l'ai dit, à M. Salles, physicien au Collège de France et attaché à

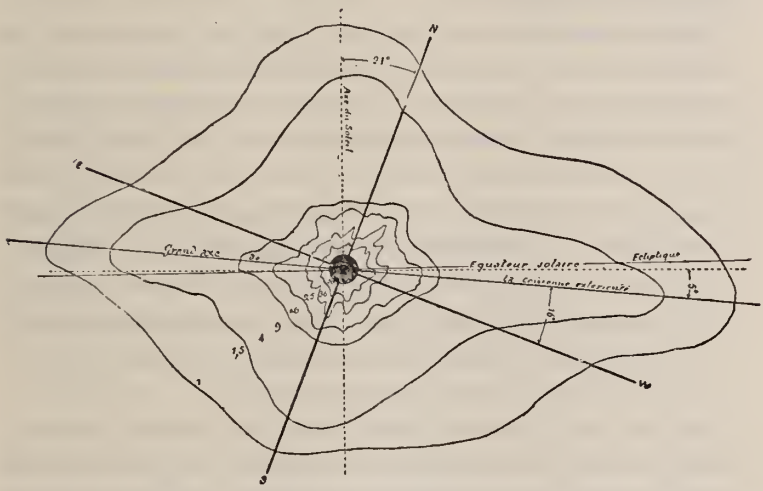


Fig. 5. — Courbes isophotiques des couronnes intérieure et extérieure le 30 août 1905, d'après les clichés pris par la mission Moreux, à Sfax.

ma mission. Les appareils employés consistaient en un collecteur au radium et un électromètre d'Exner du type courant. Cet électromètre avait été étalonné au départ à l'aide d'une batterie de petits accumulateurs. Le collecteur avait été étudié par comparaison avec ceux qu'emploie M. Th. Moureaux, le directeur de l'Observatoire du parc St-Maur. Le collecteur, fixé à l'extrémité d'un petit mât de $2^m,40$ environ, était placé bien à découvert dans un des angles de la cour de l'école des garçons à Sfax.

Afin d'obtenir des résultats appréciables et comparables entre eux, M. Salles commença ses observations une

dizaine de jours avant l'éclipse. Ces mesures quotidiennes s'étendaient de midi et demi à 5 heures du soir ; elles ont montré assez nettement un accroissement du champ vers midi ; puis la courbe descendait entre 4 et 5 heures du soir.

En général, il soufflait à Sfax un vent du nord-nord-est et, chaque fois que le vent se faisait sentir, les déviations de l'électromètre étaient troublées. Par temps calme, la feuille de l'électromètre donnait des indications s'écartant peu l'une de l'autre.

Malheureusement, le jour de l'éclipse, par suite de l'action du vent, la feuille de l'électromètre était dans un perpétuel état d'agitation ; néanmoins, pendant la totalité, on put observer un abaissement sensible du champ. Toutefois, au cours de cette phase très courte, le potentiel passa brusquement de 85 volts à 125 volts pour retomber ensuite à 85 volts. Le minimum observé pendant la totalité a été de 50 volts. Immédiatement après le troisième contact, l'électromètre remonta à 150 volts, puis retomba aussitôt à 50 volts et finalement remonta vers des valeurs comparables à celles qui précédèrent la totalité.

Ce qui est très remarquable, c'est que, malgré le minimum constaté pendant la totalité, cette chute n'a été ni précédée d'un abaissement graduel du potentiel, ni suivie d'un accroissement en correspondance avec la marche de l'éclipse. Elster et Geitel avaient autrefois constaté une diminution suivie d'une augmentation pendant l'éclipse de 1887, bien que le temps eût été couvert, et Ludwig, pendant l'éclipse de 1898, avait observé une diminution du champ, dix minutes avant la totalité ; cette diminution avait atteint un minimum cinq minutes après l'occultation, puis le champ était resté constant pendant vingt minutes pour remonter ensuite. Étant donnée l'absence de netteté des observations, M. Salles n'a pas cru devoir continuer ce qu'il se proposait de faire, c'est-à-dire d'encadrer les observations entre deux séries. Des expériences en cours permettront de décider s'il faut incriminer le collecteur au

radium ou s'il n'y a eu là qu'une action perturbatrice du vent apportant des charges.

A Sfax, les ombres volantes ont été vues par beaucoup d'observateurs ; l'un de mes collaborateurs, M. Baudon, les a décrites comme des sinusoïdes sombres de deux ou trois centimètres d'épaisseur et paraissant avancer comme un homme marchant au pas.

Quelques observateurs se sont inquiétés de vérifier diverses assertions relatives aux plantes et aux animaux. Nous avons reçu à ce sujet les observations les plus contradictoires. A Maknassy, M. Bursault, directeur des mines de Gafsa, écrivait : Les coqs se sont mis à chanter à 1 h. 35 ; au moment de la totalité, les moineaux sont venus en masse se coucher dans les arbres ; les grillons, qui ne se font entendre que la nuit, se sont mis à chanter. Les acacias et les mimosas ont fermé leurs feuilles ; toutefois des pourpiers en fleurs et des belles-de-nuit n'ont pas paru impressionnés. A Kairouan, on a constaté que les pigeons sont rentrés au colombier.

A Sousse, le commandant Lefranc, qui observait au moment de la phase maximum et alors que les rayons coronaux étaient faiblement visibles, car il n'y a pas eu de totalité, m'a affirmé que les animaux n'ont pas paru impressionnés. Deux chiens se livrant à un combat acharné dans la rue, ont continué leur lutte malgré l'obscurcissement du ciel ; des chats allongés sur une terrasse, ne se sont pas aperçus du phénomène ; mais, par contre, de nombreuses chauves-souris sont sorties de leurs repaires et ont voleté pendant plusieurs minutes.

Bien que les Arabes eussent été avertis partout par des circulaires écrites dans leur langue, la plupart d'entre eux n'ont cru au phénomène annoncé qu'au moment de l'éclipse, et tous ceux des campagnes ont manifesté une grande frayeur. Les femmes sont restées enfermées dans leurs *gourbis*, priant Allah et Mahomet de les épargner.

A Sfax, la colonie maltaise était peu rassurée, et, dès

le matin, beaucoup de femmes entouraient leur taille d'un chapelet à la manière d'une ceinture. Beaucoup d'entre elles croyaient leur dernière heure arrivée, et M. le Curé a dû passer bon nombre d'heures au confessionnal. La présence de deux ecclésiastiques venus de France pour étudier le phénomène (M. l'abbé Marchand et moi) leur donnait cependant quelque espoir, et, malgré leurs appréhensions, personne à Sfax n'est mort de frayeur.

A Tripoli, le temps fut aussi beau que possible. L'expédition américaine de Amherst College, ayant à sa tête le Prof. Todd, a pu recueillir une ample moisson de documents. Un coronographe automatique put prendre jusqu'à 250 photographies de la couronne. On aperçut les bandes d'ombre au moins dix minutes avant la totalité, mais avec de nombreuses et remarquables particularités. Elles étaient onduleuses et étroites, se mouvant plus rapidement qu'un homme au pas, à angle droit avec le vent, atteignant un maximum puis s'évanouissant cinq fois pendant les huit minutes précédant la totalité.

La durée de l'éclipse, qui devait être de $3^m 9^s$, fut inférieure de 3 secondes à ce chiffre calculé.

Là aussi s'étaient réunies les missions de M. Libert, de M. Palazzo, directeur du Bureau central météorologique italien et celle du Prof. Milloséwitch de Rome.

En Égypte, l'éclipse fut observée avec succès par M. Reynolds, qui employait son réflecteur de 120 pieds, et par la mission américaine établie à Assuan. C'était la troisième expédition de l'Observatoire Lick, qui avait assuré toutes les chances de visibilité, en envoyant des missions aux deux extrémités de la bande de totalité. On disposait pour cela d'instruments semblables avec un programme identique. Il y avait en effet intérêt à prendre des photographies à deux heures et demie d'intervalle, afin de se rendre compte du changement problématique de la couronne. On sait l'insuccès de l'expédition du Labrador qui rendit inutiles ces dispositions. La couronne

apparut, comme en Tunisie, relativement peu étendue, avec sa plus longue banderole au sud-est d'environ deux diamètres de longueur, et trois autres plus courtes dans la partie supérieure. Les résultats des photographies ne sont pas encore publiés.

En somme, jusqu'à présent, on chercherait en vain le fait bien nouveau ; il faut attendre encore quelques mois. Les expériences de polarisation n'ont rien appris que nous ne sachions déjà. Tout au plus pourrait-on porter à l'actif de la nouvelle éclipse l'observation de l'anneau du coronium distingué sur tout le pourtour du disque solaire ; les clichés diront ce qu'il faut penser des autres raies caractéristiques encore inconnues ; à noter aussi la grande extension coronale extérieure, découverte par notre mission à Sfax, qui semble montrer un nouveau mode d'opération à tenter dans toutes les éclipses.

Une ample provision de plaques qu'on posera au foyer d'objectifs très lumineux, sera désormais tout indiquée pour les recherches de ce genre. Du haut de sommets très élevés, nos objectifs auraient probablement donné une extension coronale beaucoup plus forte, indiquant une étroite parenté entre la lumière zodiacale et la couronne.

La photographie trichrome, essayée pour la première fois par différentes missions, ne donna aucun résultat en raison des conditions atmosphériques pitoyables où se sont faits les essais. Mais il n'y a pas là matière à découragement, chaque éclipse nous révélant de nouveaux travaux à entreprendre et nous laissant un legs de doutes sans cesse soulevés et sans cesse écartés.

A l'heure actuelle, il serait puéril de nier que la couronne constitue pour l'astronome un phénomène très embarrassant et d'autant plus inexplicable que nos méthodes modernes d'investigation nous le font mieux connaître.

Décembre 1905, Bourges, Observatoire.

L'Abbé Th. Moreux.

BIBLIOGRAPHIE

I

Cours d'analyse mathématique, par Ed. Goursat, professeur à la Faculté des Sciences de Paris. Tome II. Un vol. in-8° de 640 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

En rendant compte dans cette Revue (1) du tome I de cet ouvrage, nous avons insisté sur ses éminentes qualités, au premier rang desquelles il convient de placer une extrême clarté unie à une impeccable rigueur. Nous n'avons donc pas à y revenir ici, nous contentant d'indiquer rapidement la matière de ce second volume, plus important d'ailleurs que le premier.

Ce volume s'ouvre, avec le Chapitre XIII, par une étude des *Fonctions élémentaires d'une variable complexe*, comprenant les principes fondamentaux relatifs aux fonctions monogènes, l'étude des transcendantes élémentaires définies par des séries entières à termes imaginaires, les notions essentielles relatives à la représentation conforme d'une part, aux produits infinis de l'autre, toutes matières aujourd'hui bien classiques, mais propres, précisément en raison de cela, à mettre en valeur les procédés personnels d'exposition et de démonstration de l'auteur. Notons en particulier que les propriétés des produits infinis sont établies directement, sans le secours des logarithmes.

Le Chapitre XIV, relatif à la *Théorie générale des fonctions analytiques, d'après Cauchy*, peut être caractérisé par cette remarque que l'auteur y a suivi l'ordre historique d'aussi près que le permettent les nécessités de l'enseignement. Il débute par les généralités concernant les intégrales prises entre des limites

(1) Janvier 1903, p. 266.

imaginaires. M. Goursat y donne du théorème de Cauchy la démonstration qui lui est personnelle et qui suppose simplement, comme on sait, l'existence de la dérivée et non la continuité de cette dérivée.

La formule fondamentale donnant la valeur d'une fonction holomorphe en un point d'une aire fermée par un contour, quand on connaît ses valeurs sur ce contour, est aisément déduite de là. L'auteur en fait immédiatement l'application aux séries de Taylor et de Laurent, à celles plus générales de MM. Appell et Painlevé, procédant les unes suivant des fractions rationnelles, les autres suivant des polynomes, et aussi aux séries de fonctions holomorphes. Enfin sont données les généralités sur les fonctions méromorphes, notamment ce qui se rapporte à leurs points singuliers essentiels. Suivent des applications nombreuses et bien choisies, parmi lesquelles nous signalerons une démonstration nouvelle de la formule de M. Jensen. Le Chapitre se termine par l'étude des périodes des intégrales définies ; l'irréductibilité des périodes de l'intégrale elliptique de première espèce y est établie d'une façon particulièrement élégante.

De même que le nom de Cauchy a pu être inscrit en tête du précédent, c'est celui de Weierstrass qui domine le Chapitre XV, consacré aux *Fonctions uniformes*, et qui s'ouvre par la théorie des facteurs primaires et le célèbre théorème de M. Mittag-Leffler. L'auteur a d'ailleurs soin de ne pas omettre la méthode plus ancienne de Cauchy, fondée sur la théorie des résidus, et qui permet le développement d'une fonction méromorphe en une série à termes rationnels ; il en fait l'application aux fonctions $\cos x$ et $\sin x$. Mais l'application capitale de cette théorie générale des fonctions uniformes est celle qu'en développe l'auteur aux fonctions elliptiques, en faisant usage des fonctions fondamentales introduites par Weierstrass. Notons, à titre de détail, l'heureuse modification apportée par M. Goursat à la démonstration du théorème de Jacobi sur l'impossibilité d'une fonction uniforme à trois périodes. Mais c'est particulièrement à l'occasion du problème de l'inversion qu'il convient de louer l'exposé personnel de l'auteur qui nous semble, en cette délicate question, avoir su mettre le résultat à l'abri de toute objection. On peut de même lui faire honneur de l'excellente méthode par laquelle sont obtenues les formules générales d'inversion dans le cas d'un polynome du quatrième degré.

La théorie si importante du *Prolongement analytique* a été réservée pour le Chapitre XVI, l'auteur ayant manifestement

tenu à la faire ressortir comme une conséquence naturelle des idées de Cauchy. On sait d'ailleurs que, de son côté, M. Lindelöf a fait remarquer, dans son *Calcul des résidus* (1), que le principe fondamental du prolongement analytique a d'abord été énoncé par Cauchy.

Cette théorie entraîne l'étude des notions d'espace lacunaire et de coupure essentielle, que l'auteur introduit par une méthode qui lui est aussi personnelle. Il rattache avec beaucoup d'élégance au théorème général de Cauchy un théorème d'Hermite sur les fonctions affectées de coupures, définies par une intégrale dépendant d'un paramètre.

Les *Fonctions analytiques de plusieurs variables* font l'objet du Chapitre XVII. A la vérité, l'auteur se borne au cas de deux variables, mais ses démonstrations peuvent être immédiatement étendues au cas d'un nombre quelconque de variables.

Les généralités par lesquelles débute ce chapitre sont traitées avec ce souci de complète rigueur qui n'abandonne jamais l'auteur et qui l'a conduit notamment à insister largement sur deux questions essentielles, qu'on n'est pas habitué à voir toujours traiter avec un tel soin : les cercles de convergence associés et la définition des intégrales doubles. Comme appartenant plus particulièrement en propre à M. Goursat, on peut citer la démonstration de la formule de différenciation sous le signe intégral, ainsi que la définition de $\Gamma(z)$ pour les valeurs de z dont la partie réelle est négative.

Cette rigueur observée dans les généralités assure un solide fondement à la théorie des fonctions implicites, qui suit immédiatement, et notamment à celle des fonctions algébriques dont, en une dizaine de pages, les prémisses sont développées avec une maîtrise qui ne saurait surprendre de la part de l'auteur dont on connaît sur ce sujet le Traité magistral, publié en commun avec M. Appell. En particulier, M. Goursat est parvenu à rendre tout à fait rigoureuse la démonstration du théorème de Weierstrass sur la décomposition d'une fonction holomorphe $F(x, y)$ s'annulant pour $x = o$, $y = o$, ainsi que l'extension de la formule de Lagrange au cas des fonctions explicites définies par un système d'équations simultanées.

Le Chapitre XVIII, qui vise la formation des *Équations différentielles* et les *Méthodes élémentaires d'intégration*, n'offre que l'exposé des cas, depuis longtemps classiques, d'intégration par

(1) Revue, d'avril 1905, p. 621.

quadratures des équations du premier ordre et d'abaissement des équations d'ordre supérieur. On peut y noter le souci qu'a eu l'auteur d'y rattacher les uns aux autres les divers cas élémentaires du premier ordre où l'équation n'est pas résolue par rapport à la dérivée.

Avec le Chapitre XIX, qui vise les *Théorèmes d'existence*, un premier pas est fait dans la voie de la théorie moderne des équations différentielles, inaugurée par Cauchy. C'est ici le *Calcul des limites* de l'illustre Géomètre qui sert de fondement à la méthode suivie par l'auteur, mais sensiblement perfectionnée par lui sur plusieurs points importants. En ce qui concerne notamment l'application du calcul des limites aux équations aux dérivées partielles, la méthode qu'il fait connaître, notablement plus simple que celle de Mme de Kowalewsky, a l'avantage d'être tout à fait générale. Il insiste d'ailleurs longuement sur l'unicité des intégrales données dans le cas ordinaire. La question a été longtemps contestée ; elle l'est peut-être encore ; mais, avec l'exposé de M. Goursat, la réponse ne semble pas douteuse.

En ce qui concerne la méthode des approximations successives, qui a dû son plein succès à M. Picard, avec un complément important dû à M. Lindelöf, l'auteur a simplifié la démonstration de la réciproque. Il a, d'autre part, su donner à la méthode de Cauchy-Lipschitz une forme géométrique des plus avantageuses.

A la suite de la théorie des intégrales premières et du multiplicateur, M. Goursat expose, en quelques pages, les principes fondamentaux de la théorie des groupes continus et des transformations infinitésimales, de façon à montrer comment les divers procédés d'intégration vus jusque-là peuvent être rattachés à ces principes. Cet exposé si clair, si habilement condensé peut servir d'introduction à la lecture du magistral Traité de Sophus Lie.

Ainsi que le remarque l'auteur, " les équations différentielles les mieux étudiées jusqu'à présent sont les équations linéaires. Elles jouissent d'un ensemble de propriétés caractéristiques qui les distinguent nettement et en facilitent l'étude. D'ailleurs, elles interviennent dans un grand nombre d'applications importantes de l'analyse, et leur étude préliminaire est très utile, avant d'aborder les équations différentielles de la forme la plus générale ". Aussi le Chapitre XX est-il consacré aux *Équations différentielles linéaires*, bornées d'ailleurs à celles dont les coefficients sont des fonctions analytiques de la variable indépendante. Si vaste est le sujet qu'il pourrait, à lui seul, donner lieu à

un véritable Traité. Avec un rare talent, M. Goursat a su en extraire les parties vraiment essentielles pour les faire cadrer dans son exposé d'ensemble de l'Analyse infinitésimale. Il a, bien entendu, surtout insisté sur les propriétés qui caractérisent ces équations, comme d'avoir des systèmes fondamentaux d'intégrales, de ne posséder que des points singuliers fixes, etc. Il offre ainsi aux étudiants un exemple relativement simple en même temps que d'une haute importance intrinsèque, et admirablement coordonné, des théories générales relatives au prolongement analytique. Application est faite de ces généralités à quelques équations particulières : équations à coefficients constants, équations linéaires d'Euler, équation de Laplace dont les coefficients sont des fonctions linéaires de la variable.

L'auteur pousse encore plus avant l'examen de cette théorie en abordant, dans l'ordre d'idées de M. Fuchs, l'étude des intégrales régulières d'une équation linéaire au voisinage d'un point singulier. Il s'efforce surtout, en cette étude, de mettre en relief le rôle fondamental joué par le problème purement algébrique de la réduction d'une substitution linéaire à une forme canonique. Les types particuliers d'équations (Gauss, Bessel, Picard), à propos desquels ces vues sont développées, offrent d'ailleurs par eux-mêmes un puissant intérêt.

La théorie est ensuite étendue aux systèmes d'équations linéaires, et le même problème de réduction se retrouve à propos des systèmes à coefficients constants.

Les trois derniers chapitres, que l'auteur, préoccupé sans doute de restreindre les dimensions de son ouvrage, a réduits en quelque sorte à l'essentiel, n'en méritent pas moins d'être loués sérieusement.

Le Chapitre XXI, qui traite des *Équations différentielles non linéaires*, ouvre des vues très suffisantes sur le problème de l'intégration tel qu'il se pose aujourd'hui, et en fait nettement sentir les difficultés. A propos des équations du premier ordre dans lesquelles la dérivée n'est pas exprimée par une fonction holomorphe, l'auteur donne une idée des belles recherches de M. Poincaré.

M. Goursat insiste plus spécialement sur la théorie des intégrales singulières, qu'il illustre par un mode d'interprétation géométrique heureusement imaginé, et qu'il réussit à étendre aux systèmes du premier ordre.

Le Chapitre XXII contient un tableau sobrement tracé de la théorie des *Équations aux dérivées partielles*, sujet auquel, ne

fût-ce que par ses contributions personnelles, M. Goursat serait à même de donner un bien plus large développement. L'auteur envisage successivement les équations linéaires du premier ordre, les équations aux différentielles totales, les équations du premier ordre à trois variables, les équations d'ordre supérieur au premier. Son mode d'exposition ne s'écarte pas sensiblement, en ces matières, des usages classiques, si ce n'est qu'il y fait intervenir de façon peut-être plus systématique les méthodes géométriques. En particulier, l'interprétation qu'il donne de la méthode de Mayer pour l'intégration d'une équation aux différentielles totales, la rend absolument intuitive.

Le Chapitre XXIII fournit un exposé des *Éléments du calcul des variations* réduit au cas le plus simple. En ce domaine, s'affirment particulièrement les qualités de rigueur de l'auteur, qui s'efforce, en outre, de donner une idée de quelques récents progrès de cette théorie. C'est ainsi, par exemple, et en l'établissant d'ailleurs d'une façon originale, qu'il fait connaître la nouvelle condition nécessaire pour le minimum, obtenue par Weierstrass, ainsi que les conditions suffisantes, dues au même géomètre, et pour l'obtention desquelles il suit la marche de M. Hilbert. Au cours de la discussion, il fait voir comment se présentent tout naturellement les résultats mis en évidence par M. Poincaré dans ses *Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*. On peut remarquer que les auteurs étrangers emploient de préférence des moyens beaucoup plus compliqués, peut-être parce qu'ils ne supposent pas les fonctions analytiques ; mais c'est là un avantage qui peut être tenu pour assez illusoire.

Rappelons en terminant, que tous les chapitres de l'excellent Cours de M. Goursat se terminent par une série d'exercices proposés au lecteur et dont on ne saurait trop louer l'heureux choix. L'ouvrage, d'une admirable impression, fait grand honneur à la maison Gauthier-Villars à qui le public mathématique est déjà redevable de tant de beaux et bons Traités d'Analyse.

M. O.

II

I. — Die Anfangsgründe der Differentialrechnung und Integralrechnung für Schüler von höheren Lehranstalten und Fachschulen sowie zum Selbstunterricht, dargestellt von Dr Ri-

CHARD SCHRÖDER, mit zahlreichen Übungsbeispielen und 27 Figuren im Text. Un vol. in-8° de VII-131 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905.

II. — ÜBER DIE ANWENDUNGEN DER DARSTELLENDEN GEOMETRIE INSBESONDERE ÜBER DIE PHOTOGRAMMETRIE, mit einem Anhang : Welche Vorteile gewährt die Benützung des Projektionsapparates im mathematischen Unterricht ? Von FRIEDRICH SCHILLING, mit 151 Figuren und 5 Doppeltafeln. Un vol. in-8° de VI-198 pages. — Leipzig. B. G. Teubner, 1904.

III. — LEÇONS DE MÉCANIQUE ÉLÉMENTAIRE à l'usage des Classes de mathématiques A et B, conformément aux programmes du 31 mai 1902, par P. APPELL et J. CHAPUIS. Un vol. petit in-8° de 306 pages avec 104 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

I. — M. Schröder nous avertit, dans la préface, qu'il n'a pas écrit ce petit livre pour prendre parti dans le débat qui partage actuellement les mathématiciens allemands : Convient-il d'introduire les éléments de l'Analyse supérieure dans l'enseignement secondaire ou d'en maintenir l'exclusion ? Tout en restant étranger à ces discussions, il a voulu profiter de la liberté que lui laissaient les programmes pour consulter l'expérience : il a donné les premières notions du Calcul différentiel et intégral à des élèves de l'enseignement secondaire déjà en possession de la Géométrie analytique plane et de l'Analyse algébrique élémentaire. Le résultat a paru heureux. C'est de ces leçons qu'est sorti ce petit livre ; il pourra aider ceux qui voudraient tenter pareille épreuve.

Le débat auquel M. Schröder fait allusion, est un épisode de l'évolution qui se prépare ou s'accomplit, en divers pays, dans l'enseignement secondaire des sciences et, en particulier, des mathématiques. Il convient de nous y arrêter un instant, si nous voulons saisir la physionomie spéciale des trois ouvrages dont nous avons transcris les titres en tête de cet article (1).

(1) Nous renvoyons, pour plus amples détails, au rapport de M. F. Marotte, professeur au Lycée Charlemagne, à Paris : *L'Enseignement des sciences mathématiques et physiques... en Allemagne ;* un vol. de 121 p. Paris, A. Colin ; et à un article du même auteur : *L'Évolution actuelle de l'enseignement mathématique en Angleterre et en Allemagne* (BULLETIN DES SCIENCES MATHÉM., deuxième série, t. XXIX, p. 281, octobre 1905). C'est à cet article que nous empruntons les données générales de ce compte rendu.

C'est surtout dans les pays industriels et sous la poussée de préoccupations économiques et des revendications de l'utilitarisme scientifique, que ce mouvement réformateur a pris naissance. Il tend à introduire, voire à faire prévaloir, dans l'orientation de l'enseignement secondaire, la conception pratique et active de la science, à la place de la conception théorique et critique.

En Angleterre, certains réformateurs vont jusqu'au bout dans cette voie nouvelle: à les suivre, les mathématiques deviendraient un art plutôt qu'une science, et leur étude une sorte d'apprentissage où il importerait moins de comprendre et de raisonner que de savoir et d'appliquer : le rôle qu'elles peuvent jouer dans la culture générale de l'esprit passerait ainsi au second rang, pour céder le pas à l'utilité qu'on peut en retirer dans le domaine des applications.

Les savants, les universitaires font, on le conçoit, à ces propositions de vives objections ; leur réalisation toutefois fait son chemin. C'est que les Écoles anglaises, indépendantes de l'État et, dans une large mesure, maîtresses d'elles-mêmes, peuvent prendre l'initiative de ces réformes hardies ; aussi est-ce moins une évolution qu'une révolution qui s'opère dans l'orientation des études au sein de certaines d'entre elles.

En Allemagne, le même mouvement issu des mêmes causes présente une physionomie différente et progresse d'autre façon. Là l'État a le monopole de l'enseignement et les professeurs sont liés par leurs programmes. Toutefois ces programmes sont assez souples pour permettre à l'initiative individuelle de s'exercer, et les professeurs partisans d'une réforme en profitent pour la préparer par leur enseignement même. Leurs aspirations d'ailleurs n'affectent ni le radicalisme, ni la fougue de celles d'un certain nombre de leurs collègues anglais. On en trouve l'expression autorisée dans le livre de M. Klein : *Ueber eine zeitgemässe Umgestaltung des mathematischen Unterrichts an den höheren Schulen* (Leipzig, B. G. Teubner, 1904). " Il est consacré, dit M. Marotte, non point à l'exposition des questions scientifiques, mais à la recherche du meilleur contenu qu'il convient de donner actuellement à l'enseignement mathématique „... M. Klein y " prépare la réforme analytique, en étudiant d'une façon approfondie la grosse question de l'introduction, dans les écoles secondaires, des éléments du Calcul différentiel et intégral qui, en Prusse, en sont encore exclus.

„ Cette exclusion, en même temps qu'elle interdit aux élèves l'accès des mathématiques modernes, les prive du puissant

instrument qu'elles sont pour pénétrer le monde physique : elle paralyse le mouvement des mathématiques vers les applications. C'est pourquoi ceux qui, en Prusse, poursuivent la rénovation de l'enseignement mathématique, font porter maintenant leur principal effort sur l'introduction dans l'école secondaire de l'étude géométrique de la notion de fonction et des éléments du Calcul différentiel et intégral.

« M. Klein expose avec persuasion les raisons qui sont en faveur de cette mesure, où il montre l'aboutissement d'un mouvement commencé depuis longtemps dans les Écoles allemandes ; par une discussion serrée, il écarte les objections et calme les inquiétudes qu'elle soulève dans une partie du corps enseignant ; il explique enfin comment il convient de la réaliser dans la pratique de l'école. Il faut citer la formule très heureuse dans laquelle M. Klein enferme sa thèse et où il marque la place des idées nouvelles dans l'enseignement futur :

« Il faut, dit-il, *que la notion de fonction, sous sa forme géométrique, pénètre comme un ferment tout le contenu de l'enseignement*, ce qui implique une certaine connaissance de la Géométrie analytique et des éléments du Calcul différentiel et intégral sous la forme naïve où les ont exposés les grands mathématiciens du XVIIIe siècle. »...

Il importe de signaler une différence essentielle entre les réformes anglaise et allemande. « On a vu qu'en Angleterre c'est le principe même de l'enseignement mathématique, le raisonnement déductif, qui est en jeu : la culture de la logique abstraite, si elle n'est pas absolument négligée, passe au second plan ; les Mathématiques deviennent une science expérimentale. Je ne crois pas que ces doctrines de M. Perry aient beaucoup de partisans dans le corps professoral allemand et les réformateurs, pour y faire accepter leurs idées, doivent insister sur ce point que l'éducation logique n'aura pas à souffrir de leurs propositions et restera, après comme avant, une obligation essentielle de l'enseignement mathématique. Voici, à cet égard, la position de M. Klein, position qu'adopteront sans doute la plupart des mathématiciens :

« Il s'est révélé, depuis dix ans, dans des cercles étendus, un fort courant antimathématique qui menace la position dont jouissaient depuis longtemps les Mathématiques dans la science et dans l'enseignement... Ce mouvement tire sa force de certaines particularités qui ont souvent affecté la pensée mathématique. Dans le domaine des applications, c'est la mise prématurée en

formules mathématiques, faites *à priori*, sans connaissance exacte des conditions de la réalité et qui détourne de l'étude immédiate de la réalité ; dans l'enseignement, c'est la considération exclusive de l'enchaînement logique, ayant pour conséquence la négligence des facteurs psychologiques. *L'enseignement logique est pour les mathématiques ce qu'est le squelette pour un organisme animal, qui ne saurait se tenir sans squelette* ; mais ce serait une étrange zoologie que celle qui ne traiterait jamais que du squelette des animaux. Espérons que, dans un temps peu éloigné, la pensée mathématique, dégagée des accidents où elle est impliquée, s'élèvera avec une nouvelle vigueur, selon la force indestructible qui lui est propre (1). »

Revenons au petit livre de M. Schröder. Quoi qu'il en soit des intentions de l'auteur, ces *Éléments du Calcul différentiel et intégral* sont écrits en marge des programmes ; ils s'inspirent des idées si nettement exposées par M. Klein, en en élargissant peut-être un peu l'application, et, de fait, servent la cause des réformateurs. Il n'importe ; considérés en eux-mêmes, et abstraction faite de tout prosélytisme, ces *Éléments* sont excellents dans leur genre.

La théorie n'y tient qu'une place très restreinte, réduite, le plus souvent, à des explications faites sur des exemples concrets ; de nombreux exercices, tous très simples, bien gradués et complètement résolus, façonnent la main à la technique du calcul et mettent en lumière ses multiples applications. Dans tout le livre, il n'est question que de fonctions de deux variables susceptibles d'être représentées par une courbe plane, en coordonnées rectilignes ou polaires. On expose, dans le Ch. I, la notion de fonction et sa représentation géométrique ; la signification géométrique de la dérivée et du quotient différentiel. Les règles de différentiation des fonctions élémentaires, des fonctions composées et des fonctions de fonctions sont établies et appliquées à de nombreux exemples (fonctions explicites, 104 exercices ; fonctions implicites, 7 exercices).

Le Ch. II est consacré à l'application du Calcul différentiel à la recherche des vraies valeurs des fonctions se présentant sous la forme $\frac{0}{0}$, $\frac{\infty}{\infty}$, etc., quand on substitue, dans leur expression analytique, une valeur particulière à la variable x (26 exercices).

Le Ch. III aborde la recherche des maxima et des minima (10 exercices).

(1) F. Marolle, *art. cité*, pp. 302-304.

Les applications géométriques font l'objet du Ch. IV. On y donne les équations de la tangente et de la normale ; la sous-tangente et la sous-normale ; les longueurs de la tangente et de la normale ; les coordonnées du centre et l'expression du rayon de courbure ; un mot sur les points d'inflexion : enfin l'équation de la développée. Tout cela est appliqué au Cercle, à la Parabole, à l'Ellipse, à l'Hyperbole, à la Parabole sémicubique $y^2 = \frac{2x^3}{3a}$, à la Cissoïde, à la Cycloïde, à la Lemniscate et à la Cardidoïde.

Le Ch. V ouvre la seconde partie, consacrée au Calcul intégral. On montre le lien qui unit la fonction différentielle et la fonction intégrale : le Calcul intégral est l'inverse du Calcul différentiel. On dresse un tableau d'intégrales immédiates. Quelques règles d'intégration sont ensuite données et appliquées à des exemples : Tout facteur constant peut être mis hors du signe d'intégration. Intégration des sommes et des différences. Intégration par parties et par substitution. Un mot des intégrales définies.

Les applications sont développées dans les deux chapitres suivants : Quadrature des courbes dont les équations sont données en coordonnées rectilignes ou polaires ; applications à la Parabole, au Cercle, à l'Ellipse, à l'Hyperbole, à la Cissoïde, à la Cycloïde, à la Cardidoïde et à la Lemniscate. Rectification des courbes planes ; application à la Parabole, à la Cissoïde, à la Cycloïde et à la Cardidoïde.

Enfin le dernier chapitre est l'application de ces éléments d'Analyse supérieure à la Mécanique du point : Vitesse et accélération ; étude du mouvement parabolique et du mouvement vibratoire harmonique ; la seconde loi de Képler établie en partant de l'hypothèse de l'attraction ; chute d'un point pesant le long d'une courbe donnée, vitesse acquise, durée de la chute, application à la Cycloïde.

Nous nous sommes arrêté au détail de la table des matières de ce petit livre en faveur de nos jeunes lecteurs. La plupart d'entre eux abordent pour la première fois l'Analyse supérieure à l'université. Les leçons qu'ils y reçoivent sont excellentes, les traités qu'ils ont entre les mains sont parfaits, mais leur perfection même, leur impeccable rigueur, déroutent souvent leurs premiers pas. Il leur manque une initiation qu'ils peuvent, en suivant un bon guide, se donner eux-mêmes ; il leur faut des exercices très simples qui les acheminent vers les applications plus difficiles qui, seules, trouvent naturellement place dans les traités plus relevés. Qu'ils étudient, la plume à la main, les

Éléments dont nous venons d'indiquer le contenu : les quelques heures qu'ils leur donneront seront très utilement employées.

II. — Ce n'est pas à l'intérieur de l'école seulement que les professeurs allemands, partisans d'une réforme dans l'enseignement secondaire des sciences, travaillent à la préparer ; ils prolongent ce mouvement réformateur à l'extérieur par leurs écrits et leurs discours, dans les Congrès et, plus efficacement encore, par des *Cours de Vacances* pour les professeurs des écoles secondaires.

Cette institution, qui date de quinze ans, s'est développée à ce point que l'on donne maintenant, à Pâques, chaque année ou tous les deux ans, de semblables cours à Berlin, Francfort, Göttingen, Gresfswald, Iéna, etc. Le livre de M. Klein, dont nous avons parlé plus haut, reproduit des Conférences de Vacances faites à Göttingen, en 1904. La Revue a signalé récemment un ouvrage de M. E. Riecke et d'autres universitaires, qui a la même origine (1). Il a trait à la Physique et à l'Astronomie. M. Riecke y expose, de façon élémentaire, les acquisitions récentes faites dans le domaine de l'électricité et des radiations ; MM. Behrendsen et Stark y parlent du but, de la méthode, du contenu de l'enseignement physique dans les écoles secondaires; M. Bose y présente les installations de l'Université de Göttingen destinées à l'apprentissage manuel des étudiants en Physique ; enfin M. Schwarzschild y consacre un article aux observations astronomiques n'exigeant que des moyens très simples. Tout cela est conçu et présenté de façon à aider les professeurs de l'enseignement moyen à se tenir au courant des progrès de la science et à établir, dans leurs leçons, un contact plus fréquent et plus intime entre la théorie et la réalité, entre les développements abstraits et les applications qu'en fournissent les sciences d'observation et d'expérience.

Le livre de M. F. Schilling reproduit aussi des Conférences de Vacances faites à Göttingen, en 1904. Comme celui de M. Riecke, il a pour but de grouper des connaissances pouvant servir, dans l'exercice de l'enseignement, aux applications concrètes. Ici, c'est l'art des constructions graphiques qui est présenté dans ses multiples applications à la Stéréométrie, à la Géométrie projective et à la Géométrie analytique ; à la Cinématique pure, à la Mécanique et à la Statique graphique ; à la Physique mathéma-

(1) Revue des Quest. scient., troisième série, t. VII, avril 1905, p. 634.

tique ; à l'Analyse et à l'Algèbre ; à la Géodésie, à l'Astronomie et à la Géographie mathématique ; à la Cristallographie ; à l'Architecture ; aux Machines et aux Sciences de l'ingénieur ; à la Physiologie et à la Psychologie ; enfin aux Beaux-Arts, peinture et sculpture. Tout cela est développé sommairement, dans la première partie, avec assez d'ampleur toutefois pour qu'apparaissent nettement l'intérêt et l'utilité que peuvent présenter, dans l'enseignement secondaire, ces applications variées, en le rattachant à la réalité. Des indications bibliographiques complètent l'exposé et indiquent les sources à consulter pour une étude plus approfondie.

La seconde partie est consacrée tout entière à la Photogrammétrie, traitée plus largement. On sait que la Photogrammétrie enseigne à déterminer la figure d'un solide, la configuration d'un édifice, l'allure d'un terrain, etc., à l'aide de perspectives ou, pratiquement, de plusieurs photographies.

Nous recommandons cet ouvrage aux professeurs, qui pourront en tirer un excellent parti.

III. — Ce mouvement réformateur n'existe pas seulement en Angleterre et en Allemagne, il se manifeste aussi en Autriche et en Suisse, où il a des tendances analogues à celles qu'il présente en Allemagne, et il se poursuit en France avec cette particularité qu'il part là d'en haut et dicte les nouveaux programmes. Ceux-ci, théoriquement du moins, le réalisent d'emblée en imposant à l'enseignement scientifique secondaire une allure plus réaliste, plus *instrumentale*, qui le rattache plus étroitement au monde physique. L'enseignement mathématique, en particulier, devra, dans cet esprit nouveau, éviter d'être trop abstrait, tout en restant logique et sagement rigoureux. Pour cela, il fera un fréquent appel aux données des sciences d'expérience et d'observation : elles lui fourniront la matière d'aperçus et d'exercices d'un caractère concret, des données pratiques qui mettront les élèves à même d'appliquer à la réalité leurs connaissances acquises en Géométrie, en Algèbre, en Trigonométrie ; éveilleront leur esprit d'initiative et les habitueront aux calculs numériques, au maniement des divers systèmes d'unités et au passage, si fréquent en Physique et dans l'industrie, d'un de ces systèmes à un autre. C'est dans ce but que les nouveaux programmes ont étendu l'enseignement de la Cinématique et de la Mécanique, tout en le rapprochant de l'enseignement des sciences physiques et en le mettant en harmonie avec les méthodes suivies dans les grandes Écoles et dans l'enseignement supérieur.

Les *Leçons de mécanique élémentaire* de MM. P. Appell et J. Chappuis sont conçues et développées dans cet esprit. La première partie (*Classes de première* C et D), publiée en un petit volume séparé, expose les notions essentielles sur les vecteurs, les projections et les moments, et développe les premières notions de *Cinématique :* Cinématique du point, mouvements élémentaires d'un système invariable ou corps solide, changement du système de comparaison. La seconde partie (*Classes de mathématiques* A et B), celle dont nous avons transcrit le titre en tête de cet article, poursuit, dans son premier chapitre, l'étude de la *Cinématique* considérée de son point de vue originel, c'est-à-dire comme l'étude géométrique des principaux organes de transmission de mouvement. On la restreint ici à l'étude des engrenages cylindriques et à celle des systèmes articulés plans les plus simples.

Les trois chapitres suivants forment une section intitulée *Mécanique :* ils ont pour titres particuliers, le II : *Forces appliquées à un même point,* le III : *Statique des corps solides libres,* et le IV : *Équilibre des corps solides non libres. Machines simples.* Le chapitre V, consacré à la *Dynamique,* établit les équations du mouvement d'un point ; il expose la notion du travail et l'applique à l'équilibre des machines simples ; il donne un premier aperçu du théorème des forces vives qui devient le point de départ d'une étude élémentaire du mouvement dans les machines.

Des exercices sont proposés à la fin de chaque chapitre.

On s'imagine parfois qu'il est aisé d'écrire un excellent Manuel élémentaire. C'est une erreur ; les maîtres seuls peuvent y prétendre. Il faut savoir gré à MM. Appell et Chapuis de n'avoir pas jugé indigne d'eux de mettre à composer celui-ci leur science et leur talent d'exposition Nous recommandons vivement ces excellentes *Leçons* aux étudiants qui y trouveront l'occasion d'une première initiation éminemment utile.

J. T.

III

Traité de Physique, par O. D. Chwolson, professeur à l'Université impériale de St-Pétersbourg. Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande, par E. Davaux, ingénieur de la

Marine. Édition revue et considérablement augmentée par l'auteur, suivie de *Notes de Physique théorique* par E. et F. Cosserat. Tome I, premier fascicule : grand in-8° de XIII-407 pages, avec 219 figures dans le texte. Tome II, premier fascicule : VII-202 pages avec 105 figures dans le texte. — Paris, A. Hermann, 1906.

La première édition russe de ce *Traité* a été entreprise en 1897, et la seconde en 1900. En même temps, on annonçait une traduction allemande, commencée en 1902 et dont trois volumes ont paru (*Lehrbuch der Physik*, Brunschweig, 1902-1905, in-8°). La traduction française que nous donne M. Davaux en comprendra quatre, qui seront publiés chacun en plusieurs fascicules. Le succès des éditions russe et allemande garantit celui de cette traduction qui est en réalité une troisième édition, mise à jour et enrichie de notes originales, importantes et étendues, par le traducteur et ses collaborateurs, MM. E. et F. Cosserat.

Le *Traité* de M. Chwolson n'est pas écrit pour les débutants : non seulement il suppose un cours antérieur de Physique générale élémentaire, mais son allure synthétique le rend moins propre à un premier enseignement. Ses dimensions d'ailleurs ne sont pas celles d'un *manuel* à mettre entre les mains des étudiants, mais plutôt celles d'une encyclopédie analogue au *Cours de Physique*, resté inachevé, de Violle. Sa facture, la langue qu'il parle ne sont point non plus celles d'un livre classique, dont le texte condensé suppose un maître qui l'interprète et l'explique, mais bien celles de leçons orales, développées avec ampleur, parfois avec surabondance, et qui rendent superflu tout nouveau commentaire. C'est plus et mieux qu'un manuel, c'est une " somme „ à consulter, à étudier par ceux qui, familiarisés déjà avec la matière, désirent l'approfondir : ils y trouveront un tableau, tracé de main de maître, de l'état actuel de la Physique, un guide très sûr et parfaitement informé. Les connaissances mathématiques que l'auteur suppose chez son lecteur ne dépassent pas, en général, les éléments de l'analyse supérieure ; mais il est vraisemblable que le niveau mathématique s'élèvera dans les fascicules ou les volumes suivants. Au début de ses leçons, en effet, M. Chwolson s'adresse manifestement à des élèves qui n'ont pas encore étudié le Calcul différentiel et intégral ; il prend la peine de leur dire ce que c'est qu'une dérivée et comment on la calcule dans des cas très simples ; il leur apprend que le signe d'intégration signifie " limite somme „, etc. Mais ces élèves suivent sans doute, ailleurs et simultanément, un cours d'analyse. " Nous

éviterons, dit l'auteur, tout au moins *dans les premières parties*, les applications des mathématiques supérieures, supposant que le lecteur qui aborde l'étude de cet ouvrage ne s'est pas encore familiarisé avec elles „. Bientôt, il s'affranchit de ces entraves et emploie couramment le langage et la technique de l'analyse supérieure, quitte à inviter " le lecteur qui n'est pas encore familiarisé avec les connaissances mathématiques nécessaires „ à l'intelligence de tel ou tel paragraphe, à passer outre provisoirement. C'est la situation de plus d'un professeur de Mécanique et de Physique, qui se heurtent à la difficulté que M. Chwolson s'efforce ici de tourner.

A la manière de Verdet, l'auteur réunit, à la fin de la plupart des chapitres et, parfois, à la suite de paragraphes plus importants, de nombreuses références bibliographiques qui complètent celles que l'on trouve au bas des pages et permettent au lecteur de remonter aux sources et d'élargir le champ de ses études. Signalons, entre autres, une liste de soixante-trois Recueils périodiques, consacrés exclusivement à la Physique ou largement ouverts aux travaux originaux qui relèvent de cette science. Cette documentation, très riche et de bon aloi, est un des nombreux mérites de l'ouvrage : elle fait corps avec lui et n'est pas un étalage d'érudition factice qui s'arrête aux titres des travaux cités et n'a rien fourni au texte qu'elle accompagne.

A ces remarques générales, il convient d'ajouter quelques indications de détail sur le contenu de cet important ouvrage et sur la forme qu'il y revêt.

Tome I, Fascicule 1. — Il comprend trois parties intitulées : *Introduction générale* (1-54) ; *Mécanique* (55-273) ; *Instruments et méthodes de mesure* (274-407).

Dans la première, l'auteur définit l'objet de la Physique : elle est " la science de la matière inorganisée et des phénomènes qui s'y passent „ ; il en marque le triple but : " la découverte, l'étude et l'explication de ces phénomènes „ : il décrit les moyens qu'elle emploie à l'atteindre : l'observation, l'expérimentation, la mesure, dont les lois synthétisent et généralisent les résultats ; il étudie l'établissement et indique la portée de ces lois ; confiant en la construction de la théorie physique à la manière déductive, il envisage le choix et le rôle des hypothèses qui en seront le point de départ et, si les faits les confirment, les conclusions dernières.

Dès ces premières pages le soin s'affirme d'une exposition

approfondie, ordonnée, en même temps que le souci des notions précises et des énoncés rigoureux. Signalons en particulier les trois paragraphes : 6. *Grandeurs physiques*. 7. *Lois physiques*, 8. *États de la matière*, où l'auteur insiste, avec beaucoup de raison et en termes excellents, sur les notions fondamentales de mesure, d'unité, de valeur numérique, de coefficient de proportionnalité, et sur leur application à la température, à la densité, etc. Cette première partie se termine par le rappel de quelques propositions mathématiques : mesure des angles plans et des angles solides ; notion de la dérivée ; tangente et rayon de courbure ; principes de la théorie des vecteurs.

Dans la seconde partie, M. Chwolson aborde la *Mécanique*. Il laisse de côté toute question étrangère à son sujet principal, mais il développe largement celles qui trouveront leur application dans le cours du *Traité*. Cet excellent exposé diffère beaucoup des notions de Mécanique que l'on trouve en tête de la plupart des traités de Physique : là, elles sont, le plus souvent, très écourtées et c'est à propos des phénomènes physiques, étudiés successivement, qu'on les complète en les appliquant à des cas particuliers. Ici elles forment un ensemble, le tout, à peu près, des connaissances mécaniques abstraites qui fourniront la charpente du *Traité* et prendront un sens concret en acoustique, en lumière, en électricité, etc.

Le premier chapitre, intitulé *Du mouvement*, a trait à la cinématique du point réduite aux notions de vitesse, de composition des vitesses, d'accélération du mouvement rectiligne et du mouvement curviligne plan ; on y a joint les définitions des éléments du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.

Le chapitre II, *De la force*, expose les notions essentielles de la dynamique du point matériel. L'auteur s'inspire de Newton. S'il signale, en passant, les difficultés que soulèvent les principes fondamentaux de la Mécanique classique, il ne s'attarde pas aux controverses qu'elles ont provoquées, et se borne à renvoyer aux ouvrages qui leur sont consacrés. Il définit les unités mécaniques C. G. S. ; traite de la composition et de la décomposition des forces ; décrit le champ de force et emprunte, en finissant, à la dynamique du solide, le calcul des moments d'inertie.

Le *Travail et la force vive* font l'objet du Chapitre III. La notion du travail, nettement posée et généralisée, est appliquée à l'évaluation du travail d'un couple, du déplacement d'un corps dans un champ uniforme, de celui des forces centrales, etc. La

relation qui lie le travail et la force vive est appliquée au mouvement des corps en chute libre. La considération du temps pendant lequel un travail s'est effectué, dans des conditions données, conduit à la notion de *puissance ;* et le chapitre se termine par une très bonne introduction à l'étude de l'énergie : L'énergie est la capacité de travail d'un corps ou d'un système de corps. Elle est une fonction finie, uniforme et continue de l'état du corps ou du système. Elle peut être cinétique (mouvement d'ensemble, chaleur, rayonnement,...) ou potentielle (énergie de masses qui s'attirent suivant la loi de Newton et d'un corps élastique déformé ; énergie chimique, électrostatique, magnétique,...). L'énergie se conserve, elle se transforme.

Le Chapitre IV contient l'étude détaillée du *Mouvement vibratoire harmonique.* Partant de l'origine géométrique de ce mouvement — projection du mouvement circulaire et uniforme — l'auteur en établit la formule, celles de la vitesse et de l'accélération, la loi de la force qui le produit et celle de l'énergie qui l'accompagne. Il passe à la composition et à la décomposition de semblables vibrations et y ajoute un paragraphe, un peu plus complexe, consacré aux mouvements vibratoires amortis.

Le Chapitre IV complète le précédent, en suivant, dans le milieu, la *Propagation des vibrations par rayonnement.* On y trouve, sous forme abstraite, sans qu'il y soit parlé de son, de lumière ou d'électricité, l'exposé des phénomènes d'interférence, de diffraction, de réflexion, de réfraction des ondes longitudinales et transversales, et de ceux qui tiennent au déplacement relatif de la source et de l'observateur (Principe Doppler-Fizeau). Vient ensuite un chapitre consacré à l'*Attraction universelle.* L'auteur introduit, très utilement, dans son exposé la notion de densité négative. Il démontre les théorèmes classiques relatifs à l'attraction d'une couche sphérique et d'une sphère homogènes sur un point matériel ; il établit que le champ de force, à l'intérieur d'une cavité sphérique creusée dans une sphère homogène, est uniforme ; il étend l'étude de l'attraction sur un point matériel au cas d'une couche ellipsoïdale homogène, à surfaces terminales homothétiques, et à celui d'un plan indéfini.

Au chapitre VII, l'étude de l'attraction s'achève par l'exposé des *Éléments de la théorie du potentiel.* Voici les principales questions qui y sont abordées : *Fonctions de point,* surfaces de niveau et lignes de force ; *potentiel d'une masse et d'un système de masses ; potentiel mutuel de deux systèmes ; espace à potentiel*

constant. Application au *potentiel d'une couche sphérique et d'une sphère.*

La *Pesanteur* est rattachée à l'attraction universelle, au chapitre VIII. Elle fournit l'exemple d'un champ uniforme, dans le voisinage de la surface de la Terre. L'étude de la chute et de l'ascension verticales des corps pesants et du mouvement des projectiles dans le vide ; la théorie du pendule simple et celle du pendule composé complètent ce chapitre.

Un exposé substantiel, très net, très précis sur les *Dimensions des grandeurs physiques* forme le IXe et dernier chapitre de cette seconde partie.

MM. E et F. Cosserat y ont ajouté une note étendue *Sur la dynamique du point et du corps invariable* (246-273). Les considérations théoriques et critiques qui y sont présentées tranchent, par leur complexité, sur le fond classique et la forme élémentaire du *Traité ;* elles n'y sont cependant pas déplacées. Dans son exposé didactique, M. Chwolson laisse très judicieusement de côté les difficultés que soulève l'application des principes de la Mécanique aux phénomènes naturels, mais il a voulu que ses lecteurs en fussent instruits ; c'est à les leur faire connaître, en même temps qu'à les intéresser aux efforts tentés pour les écarter, que visent les notes de MM. E. et F. Cosserat.

M. Poincaré a émis l'idée que ces difficultés proviennent peut-être d'une application trop fidèle, à tous les phénomènes, de la Mécanique classique et de la théorie de l'univers astronomique qu'elle suffit à supporter. Il y a lieu, dès lors, de s'essayer à la construction d'une Mécanique plus souple, plus compréhensive surtout, dont la Mécanique classique serait un cas particulier. Des efforts dans ce sens ont été tentés ; MM. E et F. Cosserat les renouvellent, en adoptant, dans ses traits généraux et son mode de déduction, le système énergétique. Tous ceux qu'intéressent ces discussions théoriques, quelle que soit d'ailleurs leur opinion sur la possibilité et la portée d'une explication mécanique de l'univers, liront avec plaisir et non sans utilité cet essai original et abondamment documenté : il place le lecteur en face des questions controversées et lui donne, en un tout bien ordonné, les sources où il trouvera, avec les détails du débat, les efforts de la critique et leurs résultats.

La troisième partie du fascicule que nous analysons est consacrée aux *Instruments et aux méthodes de mesure.* Il faut louer la netteté, la précision, l'insistance à ne laisser dans l'ombre aucun point délicat. Des *Remarques générales sur les*

mesures physiques occupent le premier chapitre : mesures absolues, et mesures relatives ; étalons et instruments ; technique opératoire et calcul des résultats. Dans le chapitre II, l'auteur décrit les *Instruments auxiliaires* principaux : machines à diviser les longueurs et les cercles : niveau, loupe, microscope et lunette.

Il entre au détail des applications dans les sept chapitres suivants : *Mesure des longueurs et des surfaces :* mètre, vernier, sphéromètre, cathétomètre, planimètres ; *Mesure des angles :* vernier circulaire, niveau, théodolite, méthode de la déviation d'un miroir, goniomètres ; *Mesure des volumes :* voluménomètre de Regnault ; *Mesure des forces et des masses :* balances et pesées ; dynamomètres et balances de torsion ; *Mesure du temps :* pendule et chronographes ; *Mesure de l'intensité de la pesanteur :* un mot de l'emploi théoriquement possible de la machine d'Atwood, du plan incliné, de l'appareil Morin ; recours au pendule ; variation de g avec l'altitude et la latitude ; *Mesure de la densité moyenne de la Terre.*

Une note *Sur la théorie des intégrateurs*, par M. Ed. Davaux, termine cet exposé.

Tome II, Fascicule 1. — Il a pour titre : *Émission et absorption de l'énergie rayonnante. Vitesse de propagation. Réflexion et réfraction.* Ce simple énoncé dit assez combien la disposition des matières diffère ici de celle adoptée généralement dans les ouvrages français. La division en traités séparés groupant les phénomènes d'après les impressions produites sur nos sens — le tact, l'oreille, l'œil... — s'efface ici pour faire place à une synthèse générale qui rapproche et fusionne les phénomènes d'après la similitude de leurs propriétés essentielles et sans tenir compte de l'ordre historique de leur invention.

Le premier chapitre, servant d'introduction, est une vue d'ensemble des formes diverses de l'énergie rayonnante dont l'éther est le support et le véhicule. On y traite d'abord de la production et de l'observation des vibrations lentes : décharge électrique oscillante, expériences de Hertz. On passe de là aux vibrations plus rapides : radiations lumineuses que l'œil perçoit, radiations ultra-violettes que révèlent la photographie, les phénomènes de fluorescence, etc ; radiations infra-rouges que décèlent le thermomètre, les piles thermo-électriques, le radio-micromètre de Boys, le bollomètre de Langley, le radiomètre de Crookes, etc. L'énergie rayonnante, sous ces formes diverses, jouit de propriétés

fondamentales que l'auteur rappelle. Leur étude exige, parfois, que l'on travaille sur des radiations homogènes ; on dispose, pour les produire, de différents moyens : la dispersion, la diffraction, l'absorption élective, les réflexions successives. Des découvertes récentes nous ont fait connaître de " nouveaux rayons " : ceux de Röntgen, de Becquerel, etc. L'auteur signale leur existence et en renvoie l'étude à plus tard.

Le chapitre II envisage la *Transformation de l'énergie calorifique en énergie rayonnante et inversement*, sujet délicat, que les recherches modernes, très nombreuses et très touffues, ont beaucoup élargi. M. Chwolson donne de l'ensemble de ces travaux un exposé très ample et bien ordonné : lois du rayonnement, pouvoir émissif et pouvoir absorbant ; lois de Kirchhoff, de Stephan, de Wien, de Lambert, etc. Un aperçu des travaux théoriques et des recherches expérimentales relatifs à la pression de l'énergie rayonnante clôt cet excellent exposé.

Les déterminations expérimentales de la *Vitesse de propagation de l'énergie rayonnante* sont étudiées au chapitre III. On y expose les méthodes de Römer, de Bradley, de Fizeau, de Foucault et les applications qui en ont été faites à la détermination de la vitesse de propagation de la lumière. On signale, en terminant, les recherches relatives à l'influence du mouvement du milieu sur cette propagation, et leurs résultats.

Le chapitre IV et le chapitre V traitent respectivement de la *Réflexion* et de la *Réfraction de l'énergie rayonnante*. C'est là qu'il faut chercher les questions groupées généralement sous le titre d'Optique géométrique ou des rayons lumineux : théorie des miroirs, astigmatisme, caustiques, diffusion ; théorie du prisme, des lentilles, des systèmes optiques... Tout cela est brièvement étendu aux " rayons électriques ".

Ces indications suffisent à notre but : donner une idée des sujets traités et de la disposition des matières dans cet ouvrage bien moderne. Elles laissent à peine soupçonner l'ampleur et l'érudition des développements ; et nous aurions dû allonger outre mesure ce compte rendu si nous avions voulu signaler, même partiellement, les traits d'heureuse originalité dans le mode d'exposition et l'allure des démonstrations.

Tant de qualités, jointes à la richesse de la documentation, assurent au *Traité* de M. Chwolson l'accueil empressé de tous ceux qui enseignent ou étudient la Physique générale.

J. Thirion, S. J.

IV

Les Quantités élémentaires d'Électricité, Ions, Électrons, Corpuscules. Mémoires réunis et publiés par Henri Abraham et Paul Langevin. Un volume grand in-8° de XVI-1144 pages, avec de nombreuses figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1905.

Ce très précieux volume, que les physiciens de langue française accueilleront avec un empressement reconnaissant, fait partie de la *Collection de Mémoires relatifs à la Physique*, publiée sous les auspices de la Société française de Physique. On y a réuni le texte complet ou les parties principales des travaux français et étrangers (traduits en français), où s'est introduite et élaborée la notion nouvelle et éminemment féconde de la structure discontinue des charges électriques, qui forme à l'heure actuelle un des caractères les plus saillants des recherches en électricité.

L'*avertissement* mis en tête de ce volume par MM. Abraham et Langevin, en montre nettement le but et la composition, et signale les services qu'il est appelé à rendre aux chercheurs. Les lignes suivantes sont empruntées, à peu près textuellement, à cet avertissement.

La notion de structure discontinue des charges électriques domine et pénètre la plupart des découvertes récentes en Physique ; cette forme nouvelle des conceptions atomistiques sert maintenant de guide à beaucoup de chercheurs. C'est pour leur faciliter les recherches, autant que pour préciser les caractères essentiels des idées actuelles, que la Société française de Physique a jugé utile de réunir un ensemble de travaux concernant les circonstances d'observation et les propriétés des centres électrisés, ions, électrons ou corpuscules.

Cette collection de Mémoires doit être surtout un Livre de références, qui mette sous la main des physiciens de langue française un certain nombre de travaux utiles à consulter. Les Mémoires sont classés par ordre alphabétique de noms d'auteurs et par ordre chronologique pour chaque auteur. Un Tableau synoptique groupe les Mémoires relatifs à chaque division du sujet. En voici les grandes lignes; les nombres entre parenthèses indiquent celui des auteurs auxquels la table renvoie.

Les ions. — A. *Caractères et circonstances de production.* I. Décharges disruptives (3). II. Flammes et gaz chauds (5). III. Lumière ultra-violette (4). IV. Rayons cathodiques (2).

V. Rayons Röntgen et rayons secondaires (8). VI. Corps radioactifs et ionisation de l'atmosphère (6). VII. Réactions chimiques (2). VIII. Ionisation des solides et des liquides (3). — B. *Propriétés des ions.* I. Mobilité (11). II. Diffusion (1). III. Recombinaison des ions (7). IV. Courants dans un gaz ionisé (4). V. Phénomènes de condensation (7). VI. Charge absolue des ions, leur masse. Dénombrement des ions dans les gaz et charge atomique dans l'électrolyse (5).

Les électrons. — A. *Circonstances de production.* I. Rayons cathodiques (6). II. Rayons de Goldstein (3). III. Actions des radiations (rayons ultra-violets et rayons Röntgen) (5). IV. Corps radioactifs (4). V. Corps incandescents (3). — B. *Propriétés des électrons.* I. Existence de la charge (7). II. Action du champ électrique (7). III. Action du champ magnétique. Rayons cathodiques (6). Rayons β (7). Kanalstrahlen (1). Rayons α (2). IV. Mesure du rapport de la charge à la masse et à la vitesse. Rayons cathodiques (5). Rayons produits par la lumière ultraviolette et les corps incandescents (1). Rayons β (2). Kanalstrahlen (2). Rayons α (2). V. Conductibilité produite par les électrons en mouvement ; phénomènes d'absorption (8). VI. Théorie des métaux (3). VII. Phénomènes cosmiques (4). — C. *Mécanique électromagnétique.* I. Dynamique des électrons et masses électromagnétiques (8). II. Phénomènes électriques et optiques ; théorie de l'aberration ; le mouvement absolu (3). III. Rayonnement produit par l'accélération des électrons (3).

La lecture de ce tableau fait saisir les grandes lignes du plan suivi par MM. Abraham et Langevin ; mais il n'est pas inutile d'en compléter la définition en donnant un exposé rapide des lacunes principales.

D'une manière générale, on a restreint au minimum les applications. On n'en a donné que le strict nécessaire pour préciser les circonstances de production et les propriétés des centres électrisés.

Dans la première partie, qui contient l'étude expérimentale des gaz conducteurs et des ions auxquels ils doivent cette propriété, on a limité la question des ions de l'atmosphère aux travaux qui en ont signalé l'existence, sans faire intervenir le détail des méthodes de mesure et des résultats obtenus.

Sur la question de la décharge disruptive, on a retenu tout d'abord une série de Mémoires relatifs aux émissions de particules électrisées, rayons cathodiques et Kanalstrahlen, et à l'étude de ces particules. On donne, en second lieu, des travaux

plus récents, d'où se dégage la notion fondamentale de l'ionisation par les chocs. On a dû négliger le détail des applications qui en sont actuellement faites à la théorie des aspects divers et compliqués de la décharge. De même, on n'a conservé des travaux relatifs à la radioactivité que ceux concernant les émissions α et β, en laissant de côté la question des transformations continuelles dont les substances radioactives sont le siège. L'émission possible de particules électrisées par le Soleil est également indiquée sans examen détaillé des applications d'un si haut intérêt qu'on en peut faire pour l'explication des phénomènes météorologiques et cosmiques.

Dans la partie plus purement théorique, où la dynamique des électrons se déduit des propriétés du milieu où ils se meuvent, on a conservé uniquement le point de vue électromagnétique, sans aborder les importants essais de représentation mécanique, tels que ceux poursuivis par M. Larmor. On a également donné des indications sur le rayonnement émis dans l'éther par les centres électrisés au moment où ils subissent une accélération ; et on a montré comment on en peut déduire l'explication des diverses radiations : lumière, rayons de Röntgen, rayons secondaires et probablement aussi rayons γ des corps radioactifs. En ce qui concerne ces radiations elles-mêmes, on a seulement insisté sur leur propriété commune de donner naissance à des centres électrisés lors de leur passage à travers la matière.

On a complètement laissé dans l'ombre d'intéressantes théories *électroniques* : telles que les théories du magnétisme et de la réfraction, comme celles des phénomènes magnéto-optiques tels que le phénomène de Zeeman et la polarisation rotatoire magnétique. On n'a donné, sur la théorie des métaux, qu'une partie seulement du travail de M. Drude, celle où se dégage nettement l'assimilation à un gaz des électrons présents dans un métal, avec identification de leur énergie cinétique moyenne à celle des molécules gazeuses de même température. On retrouvera, dans les publications de la Société de Physique pour le Congrès de 1900, le Rapport du professeur J.-J. Thomson sur le même sujet.

Ces indications suffisent à montrer l'intérêt et l'importance de ce recueil dont les matériaux, épars en un grand nombre de publications périodiques, ont été choisis et mis en œuvre par MM. Abraham et Langevin avec une science profonde et détaillée d'un sujet qu'ils ont eux-mêmes étudié avec tant de soin et pratiqué avec tant de succès.

J. T.

V

Manuel pratique de Radiologie médicale, par le Dr Émile Dupont. Un vol. in-16 de 126 pages avec figures. — Bruxelles, H. Lamertin, 1905.

Initié dès longtemps aux applications de la découverte de Röntgen par la fréquentation des principaux instituts radiologiques d'Europe ; rompu, par la pratique journalière, à la technique de ces applications dans le service radioscopique et radiographique qu'il a installé et qu'il dirige à l'hôpital militaire de Bruxelles ; chargé, depuis 1897, des conférences radiologiques pratiques données, chaque année, aux médecins de la garnison de cette ville, M. le Dr É. Dupont, mieux que personne, était préparé à écrire un *Manuel pratique de radiologie médicale :* il y a parfaitement réussi. Son livre est de ceux qu'il faut louer sans réserve. Ces quelques pages claires, précises, allant droit au but, sans digressions théoriques inutiles, sans descriptions encombrantes, constituent bien un *manuel pratique*, un guide excellent pour le médecin qui songerait, dans un cas difficile, à recourir aux rayons Röntgen, ou à pratiquer lui-même la radiologie.

Voici un court résumé de la table des matières.

Après avoir rappelé très brièvement la découverte et les propriétés essentielles des rayons X, l'auteur définit les unités électriques usuelles : le volt, l'ampère, le coulomb, l'ohm et le watt. Puis il divise son livre en cinq parties.

Dans la première il traite du *Matériel :* source d'électricité, bobine et interrupteur, tubes et appareils auxiliaires.

Dans la seconde, il expose la *Technique radioscopique et radiographique :* choix des plaques sensibles, durée de pose, disposition des appareils, manipulations photographiques, examen radioscopique, lecture des radiographies, radiographie stéréoscopique.

Dans la troisième partie, il passe en revue les *Applications médico-chirurgicales* des rayons X : recherche des corps étrangers dans les tissus, fractures, décollements épiphysoires, maladies des os, luxations, arthrites, dents; examen du thorax, tuberculose pulmonaire, pneumonie, emphysème pulmonaire, maladies de la plèvre, adénopathies bronchiques, affections cardiaques, anévrysmes, rétrécissement de l'œsophage.

La quatrième partie est consacrée aux *Applications des rayons Röntgen dans l'armée* : incorporation des miliciens, arrivée des recrues au régiment ; au cours du service : fractures, luxations, ostéites, corps étrangers, maladies internes ; réformes, pensions, maladies simulées.

La cinquième partie expose l'organisation et le fonctionnement du *Service radiologique militaire belge.*

Une table alphabétique détaillée rend très facile la recherche, dans le *Manuel*, d'un renseignement déterminé.

J. T.

VI

Manuel des recherches préhistoriques publié par la Société préhistorique de France, avec 205 figures et plusieurs tableaux hors texte. Un vol. in-12 de IX-332 pages. — Paris, librairie C. Reinwald, Schleicher frères, éditeurs, 1906.

Voici un livre vraiment nouveau, le premier de son genre qui paraisse sur la matière. Il a pour but de faire connaître, à ceux qui veulent s'occuper de recherches préhistoriques, toutes les notions nécessaires pour les mener à bien.

Cette fois, on peut répéter en toute vérité la phrase trop souvent banale des comptes rendus d'ouvrages, que ce livre vient à son heure. En effet, les travaux relatifs à la préhistoire se multiplient chaque jour, mais parfois ils sont entrepris par des auteurs qui gâchent la besogne. De plus, la science préhistorique se fixe de jour en jour davantage ; il importe que ceux qui veulent s'y livrer soient au courant de ses méthodes et de ses principes.

Le manuel que nous signalons ne porte pas de nom d'auteur ; il n'en est pas moins l'œuvre de personnes compétentes entre toutes. Il est dû à l'initiative de la Société préhistorique de France et à la collaboration d'habiles et expérimentés techniciens.

Nous ne pouvons songer à donner une analyse complète de l'ouvrage, qui est tout entier fait de détails et de minutieuses prescriptions. Mais nous essaierons d'en donner une idée sommaire.

Il se divise en deux parties très nettes, l'une intitulée *Tech-*

nique générale, l'autre *Technique spéciale*. Le premier chapitre décrit le matériel nécessaire aux recherches préhistoriques, et le second fournit des renseignements sur les terrains à fouiller. Quand un gisement a été découvert, il y a des formalités à remplir pour s'assurer ou la location ou la propriété du terrain, ou le droit d'y faire des fouilles. Le *Manuel* donne à cet égard tous les renseignements désirables, il y a même un chapitre spécial sur la législation des travaux préhistoriques.

La valeur des découvertes dépend en bonne partie de l'exactitude des indications topographiques de la trouvaille, et bien des documents ont dû être récusés parce que les preuves manquaient pour les situer avec précision. Le *Manuel* insiste sur ce point, il enseigne des méthodes sûres pour guider les auteurs dans la façon de libeller les indications géographiques, stratigraphiques et celles qui ressortissent au folk-lore. On y trouvera un plan de procès-verbal, des tableaux pour la description des monuments et des objets de collection, et la façon de s'assurer la propriété scientifique des découvertes qu'on vient de faire.

Pour donner avec exactitude les indications topographiques, il est souvent nécessaire de faire un levé de terrain à la boussole. Le chapitre VI fournit tous les renseignements désirables à cet égard et, dans le chapitre VII, nous trouvons ceux qui concernent la construction des cartes préhistoriques.

La conservation des objets récoltés fait l'objet du chapitre VIII. On s'y occupe successivement de la façon de récolter les silex, les objets en bois, les ossements, les verres, la poterie et les instruments métalliques. Il est souvent nécessaire de consolider les ossements et les objets fragiles, soit pour leur extraction du sol, soit pour leur classement dans les collections. Divers procédés peuvent être employés, le silicatage et la solidification par le blanc de calcaire, la paraffine, la stéarine ou par le plâtre. Les estampages et les moulages rentrent dans le même ordre d'idées ; le *Manuel* décrit les différentes sortes d'estampages et de moulages ; ceux-ci se font au plâtre, à la gélatine et à la gutta-percha. Les auteurs du *Manuel* nous apprennent même comment il faut miner une roche qui renferme des pièces impossibles à enlever autrement ou qui empêche les recherches ultérieures.

Dans bon nombre de sciences, la photographie joue aujourd'hui un rôle prépondérant. Au chapitre IX, le *Manuel* détaille les services spéciaux que la photographie est appelée à rendre

aux préhistoriens, en distinguant la photographie des lieux, celle des opérations et celle des objets trouvés.

Comme tous les archéologues, les amateurs d'objets préhistoriques sont exposés à être victimes des faussaires, car il y a des ateliers et des fabriques modernes de silex, de pointes de flèches, de haches et d'instruments en corne, et parfois, comme sur les bords du lac de Bienne en Suisse, les productions préhistoriques contemporaines sont faites avec de la matière authentique. On trouvera dans le chapitre X du *Manuel* l'énoncé de tous les critères qui peuvent faire juger de l'authenticité des objets préhistoriques.

Est-il possible, sur les seules dimensions d'un os long humain, de déterminer la taille et le sexe d'un squelette préhistorique ? La question est pratique. Elle a été résolue affirmativement par M. le Dr L. Manouvrier, et le *Manuel* reproduit les tableaux dressés dans ce but par le savant professeur de l'École d'anthropologie.

Au chapitre XII sont donnés d'excellents conseils pour l'installation et le rangement des collections, et le XIIIe reproduit, en tableaux, les principales classifications préhistoriques connues. Des figures nombreuses et bien choisies caractérisent l'industrie de chacune de ces époques et permettent au collectionneur le moins expérimenté d'identifier les pièces recueillies.

La seconde partie du *Manuel* est consacrée à la technique spéciale, c'est-à-dire aux diverses espèces de gisements préhistoriques que l'on peut être amené à fouiller. Ce sont d'abord les stations et ateliers de surface, les fonds de cabanes et les cachettes en pleine terre. Sont aussi à étudier les berges des cours d'eau, les dragages des rivières, les sources, les fontaines et les falaises où s'accumulent souvent des kjökkenmöddings. Les stations lacustres, palafittes et terramares font l'objet du chapitre III de la seconde partie du *Manuel*. Le chapitre IV s'occupe des recherches et des fouilles dans les sépultures à inhumation sans cercueils, et le chapitre V des grottes et des cavernes. Pour tous ces gisements, le *Manuel* fournit les indications nécessaires qui les font découvrir, trace les règles à suivre pour l'exploitation méthodique, signale les difficultés que l'on rencontre, et les objets caractéristiques qu'on y peut recueillir. Faut-il dire que tout cela est présenté de la façon la plus pratique, dénote une expérience consommée et trahit un esprit de critique très exercé ? Si on ne le savait d'ailleurs, on s'apercevrait aisément, à la lecture de ces pages du *Manuel*, que l'on a affaire à

des professionnels ayant une longue habitude du terrain. Rien n'est oublié, rien n'est laissé à l'imprévu, et des exemples aussi nombreux que pertinemment choisis appuient toujours à propos les considérations émises.

Le *Manuel* se termine (chapitres VI-X) par l'étude des monuments à grosses pierres, menhirs, alignements, cromlechs, mégalithes et dolmens, des tumulus, des enceintes défensives, des fosses et puits funéraires et enfin des puits d'extraction des silex. Ici peut-être y avait-il lieu de parler aussi des *Marchets*, ces petits tertres formés par un tas de cailloux au centre desquels se trouvent des ossements humains, et qui ont été récemment fort bien étudiés par M. le baron de Loë, dans un mémoire présenté au Congrès de Dinant en 1903.

Autre desideratum. Puisque, p. 261, les auteurs du *Manuel* citent une trentaine de noms populaires donnés aux mégalithes, il n'en eût pas coûté beaucoup pour compléter ce vocabulaire, d'autant plus que quelques-unes des plus caractéristiques de ces dénominations ont été omises.

A la fin du *Manuel* est annexé un index alphabétique des principaux termes et mots employés en préhistorique. Cet index pourrait être utilement augmenté ; ainsi, outre le mot *marchet* que nous avons déjà cité, on est un peu surpris de ne pas rencontrer les termes d'âges, d'amygdaliens, de céraunies, de craquelage, de cupules, d'éburnéen, de fissuration, de fossile, de glaciaire, de plan de frappe, de rondelles crâniennes, etc.

En terminant la préface du *Manuel*, le secrétaire général de la Société préhistorique de France déclare que c'est la conscience tranquille qu'il soumet cet essai à la critique. Ce n'est point téméraire présomption, tous ceux qui auront seulement feuilleté ce *Manuel* auront bien vite acquis la conviction qu'il doit être le livre de chevet de tous ceux qui veulent s'occuper de la science préhistorique.

J. G.

VII

Six Leçons de préhistoire, par Georges Engerrand, professeur à l'Institut des Hautes-Études de Bruxelles et à l'Extension universitaire de Belgique, avec une Préface de L. Capitan, pro-

fesseur à l'École d'Anthropologie de Paris. Un vol. in-8° de VII-263 pages et 124 figures dans le texte. — Bruxelles, Veuve Ferdinand Larcier, 1905.

On ne peut qu'applaudir à tous les essais qui tendent à rendre plus accessibles au grand public les études préhistoriques. A ce titre, l'ouvrage de M. Engerrand sera, nous n'en doutons pas, le bienvenu.

Il s'adresse avant tout au lecteur belge, car la préhistoire dont l'auteur s'occupe est principalement celle de la Belgique. Aussi bien, il se passera quelque temps encore avant que l'on puisse réaliser la synthèse générale de la préhistoire du globe tout entier. Néanmoins, l'auteur fournit suffisamment d'indications sur des régions étrangères, pour que l'ensemble de la question préhistorique en Belgique reçoive de là son complément nécessaire.

La première leçon de M. Engerrand, intitulée *Considérations générales*, définit la préhistoire et expose brièvement les origines et le développement de cette science. Rien de nouveau à signaler ici, les faits rapportés par M. Engerrand sont bien connus. On sera cependant quelque peu surpris de la façon dont il cite, page 10, le témoignage de Marbode, relatif aux Cérannies. " Marbode, dit-il, dans la *Dactylothèque*, qui date de la décadence romaine, parle longuement des *pierres de foudre*. „ En effet, Marbode, qui vivait au XIe siècle, ne peut être daté de la décadence romaine. Quant à la *Dactylothèque*, nous nous demandons en vain ce que cela peut vouloir signifier. La citation de Marbode *de Ceraunia* forme le chapitre XXVIII du *Liber lapidum* ou *De gemmis* (voir *PL.*, t. CLXXI, col. 1756-1757), mais aucune œuvre de Marbode n'est intitulée *Dactylothèque*.

De ci de là, moins pourtant que chez d'autres auteurs qui ont traité de la préhistoire, perce le désir d'être un peu désagréable aux croyants. Ainsi, page 11, M. Engerrand aurait pu se dispenser de dire que Mercati présente " des déductions intéressantes bien qu'il essaie d'accommoder sa découverte avec la Bible „. De même, page 13, l'aveuglement de Cuvier est attribué à d'ardentes convictions religieuses. Page 21, il y a un alinéa franchement mauvais sur les rapports de la Bible et de la science préhistorique.

Dans la deuxième leçon, l'auteur examine la question de l'homme tertiaire. M. Engerrand admet que l'on ne possède pas à l'heure présente de traces de la présence de l'homme à

l'époque tertiaire. Mais pour lui, les silex de Thenay, de Puy-Courny, d'Otta et de quelques autres localités ont été utilisés par un précurseur de l'homme, l'anthropopithèque de Mortillet ou le *Pithecanthropus* de M. Dubois. M. Engerrand est plein d'admiration pour ces prétendues découvertes. " C'est là, dit-il (page 49), un des exemples magnifiques des résultats auxquels est arrivée la science moderne à déterminer l'existence d'un être aujourd'hui disparu, à l'aide des seules données théoriques ", et page 63 : " Nous ne savons véritablement ce que nous devons admirer le plus en ceci, de la hardiesse de ces savants, ou de la puissance de leur logique qui les conduisait ainsi à admettre l'existence d'un être entièrement hypothétique. Ce n'était plus la divinité qui faisait l'homme d'un peu de limon, c'était le génie humain qui reconstituait notre ancêtre de toutes pièces. "

Cet accès de lyrisme n'est point justifié par la réalité des faits. Malgré l'enthousiasme de M. Engerrand, il s'en faut de beaucoup que le précurseur de l'homme soit une vérité scientifique indubitablement démontrée. Bien des savants se refusent carrément à souscrire à l'hypothèse de M. de Mortillet. Quoi qu'il en soit, M. Engerrand est aussi beaucoup trop affirmatif en ce qui concerne le *Pithecanthropus erectus* de Java. On n'a pas encore, que nous sachions, répondu victorieusement aux objections de M. Houzé (1).

La troisième leçon de M. Engerrand est tout entière consacrée à la question des éolithes. On y trouve un exposé très clair et un résumé fort méthodique des travaux de M. Rutot et d'autres géologues sur cette nouvelle période préhistorique. Nous n'insisterons pas davantage sur ce point qui a été naguère étudié ici même par M. l'abbé J. Claerhout (2), et nous rappellerons que M. de Lapparent vient de donner le coup de grâce à cette prétendue découverte (3).

L'auteur distingue, dans la période paléolithique, deux phases successives ; il leur donne les noms de paléolithique supérieur et inférieur. Ces deux époques font l'objet de la quatrième et de la cinquième leçons. C'est surtout l'apparition de l'os travaillé qui sépare le paléolithique inférieur et le supérieur. La distinction est donc réelle et parfaitement justifiée. Pour chacune des périodes, M. Engerrand examine successivement les industries,

(1) Cf. Revue des Questions scientifiques, juillet 1896, 2e série, t. X, pp. 311-316.

(2) Ibid., octobre 1905, 3e série, t. VIII, pp. 660-662.

(3) *La Fable éolithique*, dans Le Correspondant, 23 décembre 1905.

la faune et la flore, les conditions climatériques et les données ethnogéniques. Quoique fortement condensé, cet exposé succinct est très exact et très complet. Ajoutons que la critique de l'auteur est, en général, très ferme dans cette partie de son ouvrage ; à l'exception toutefois de la dernière phrase (page 186). Nous protestons, avec Max Müller, contre la théorie qui y est émise que l'homme ait dû jamais se dégager de l'animalité, et il n'est nullement démontré qu'il ait fallu des centaines de millions d'années pour expliquer la succession des phénomènes géologiques que l'on constate pendant la période paléolithique.

Dans la sixième leçon de son livre, M. Engerrand étudie l'époque néolithique. Nous y avons trouvé l'énoncé de tous les faits qui concernent cette période, sauf la mention de la cité lacustre de Denterghem, découverte par M. l'abbé Claerhout, et qui méritait bien d'être signalée. Les évaluations chronologiques nous ont paru aussi beaucoup plus raisonnables que celles qui ont été assignées aux époques précédentes.

Pour l'âge du bronze et du fer, M. Engerrand ne nous donne qu'une page. C'est vraiment trop insuffisant, et à fournir si peu, il eût mieux valu ne rien dire et faire ouvertement la déclaration qu'on n'entendait point s'occuper de cette partie de la science préhistorique. Dans les conclusions qui terminent l'ouvrage de M. Engerrand, nous relèverons encore quelques détails. L'auteur cherche à mettre en contradiction ce qu'il appelle le " concept biblique „ avec les données de la science relatives à l'âge de l'homme. Il trahit par là ou son ignorance de l'état de la question de la chronologie biblique, ou son désir de battre en brèche l'enseignement religieux.

Plus loin, en rappelant la déconverte du prétendu *Pithecanthropus*, M. Engerrand éprouve le besoin de dire que certains cherchent " dans des légendes ou des traditions les éléments qui permettraient de faire connaître la vérité sur nos origines „. L'allusion est transparente, mais, encore une fois, la Bible n'est nullement en contradiction avec les données certaines de la préhistoire. Celle-ci ne connaît que l'homme après sa chute, et ne peut rien nous enseigner de ses origines surnaturelles, question réservée à la Révélation.

" Mais, continue M. Engerrand, elle est bien plus féconde la méthode qui ne considère plus l'homme comme échappant aux lois naturelles. „ Distinguons. Nous souscrivons à toutes les découvertes de la préhistoire qui peuvent fournir des renseignements sur la vie naturelle de l'homme, mais celle-ci demeure

impuissante à faire connaître la vie surnaturelle, qui est signalée par d'autres sources d'informations.

En résumé, malgré les divergences que nous avons relevées et qu'il serait aisé de faire disparaître, sans que l'œuvre y perdît rien, le petit livre de M. Engerrand rendra service à tous ceux qui veulent facilement et rapidement s'initier aux études préhistoriques.

J. G.

VIII

Science et Apologétique, par A. de Lapparent, de l'Académie des Sciences. Conférences faites à l'Institut catholique de Paris (mai-juin 1905). Un vol. in-16 de 304 pages de la Collection *Études de philosophie et de critique religieuse*. — Paris, librairie Bloud, 1905.

Le savant éminent, bien connu des lecteurs de la Revue des Questions scientifiques, qui professe la Géologie à l'Institut catholique de Paris, a abordé, dans une série de conférences faites au même lieu, le sujet, délicat entre tous, des rapports de la science et de l'apologétique. Par la publication de ces conférences, il a élargi son public, et nous voudrions donner une idée aussi exacte que possible de l'inspiration dominante qui l'a dirigé dans cette œuvre.

La simple énumération des titres des chapitres permet de deviner cette inspiration : *Les conceptions de la géométrie. — La science des nombres et la mécanique. — Les sciences d'observation. — L'ordre dans la création. — Le principe de la moindre action. — Les notions d'origine et de fin. — La finalité dans le monde. — L'évolution des doctrines scientifiques. — Les devoirs et les droits de l'apologiste en matière scientifique.*

A cette simple lecture, nous voyons que M. de Lapparent veut, avant tout, mettre son auditeur ou son lecteur au courant des grandes discussions sur les idées fondamentales de la science. C'est ainsi que, dans le premier chapitre, il traite des concepts de l'étendue, de l'origine des axiomes géométriques et des géométries non-euclidiennes. Dans le second, à propos du nombre, il cherche à indiquer, en quelques mots, le mouvement d'idées provoqué par Hilbert et Cantor ; puis il esquisse la crise que

traverse en ce moment la mécanique. Enfin, dans le troisième chapitre, il s'efforce de donner une idée précise des caractères de la physique et du rôle qu'y jouent les mathématiques.

Toute cette première partie présente un caractère exclusivement scientifique, et c'est tout au plus si la philosophie s'introduit dans des conclusions telles que celle-ci, sur les théories physiques : " Dépassant de beaucoup la portée des besoins qui ont engendré la science, l'intelligence cherche à grouper toutes les lois découvertes en une synthèse, qui les rattache étroitement les unes aux autres. C'est le rôle des théories, et on peut dire qu'elles ont bien rempli leur tâche si, même en se renversant les unes les autres, elles n'ont cessé de manifester de plus en plus l'ordre et l'harmonie, dont le besoin inné en nous avait suscité ces incursions dans le domaine de l'hypothèse. "

Faire ressortir cet ordre et cette harmonie dans la création, montrer les indices de finalité que révèle l'étude du monde, voilà l'objet de la seconde partie, celle qui contient tout l'essentiel de la pensée de l'auteur. Ici apparaît le trait peut-être le plus caractéristique de l'œuvre, par l'absence de toute allusion au *concordisme*, qui a fait couler tant d'encre pendant le XIXe siècle. Il n'y a pas beaucoup d'années, un livre sur la science et l'apologétique aurait pu le combattre, mais on aurait difficilement compris qu'il le passât sous silence. Aujourd'hui M. de Lapparent le fait, et c'est un signe des temps.

Puisque c'est là la partie essentielle de son œuvre, arrêtons-nous-y un instant. Si l'auteur restreint sagement le rôle de la science dans l'apologétique, il est bien loin de l'en exclure, et, en cela, il adopte une attitude singulièrement différente de celle d'un autre savant, fort apprécié aussi des lecteurs de la Revue, M. Duhem. Dans une discussion aussi nette que courtoise, M. de Lapparent fait ressortir cette opposition qu'il eût été fâcheux de dissimuler. Précisément dans un des derniers numéros des Annales de philosophie chrétienne (numéro d'octobre 1905), M. Duhem a précisé avec la dernière rigueur la portée de la science telle qu'elle lui apparaît. Répondant à un article, d'ailleurs remarquable, de la Revue de Métaphysique et de Morale, où M. Rey disait que la philosophie scientifique de M. Duhem est celle d'un croyant, celui-ci riposte vivement qu'il a refusé aux théories physiques tout pouvoir de pénétrer au delà des enseignements de l'expérience, toute capacité de deviner les réalités qui se cachent sous les données sensibles. " Par là, dit-il, j'ai dénié à ces théories le pouvoir de

tracer le plan d'aucun système métaphysique, comme aux doctrines métaphysiques le droit de témoigner pour ou contre aucune théorie physique. „ Puis, développant sa pensée, il consacre un paragraphe spécial à montrer que son système dénie à la théorie physique " toute portée métaphysique ou apologétique „. Là, parlant de la loi de Clausius sur la variation de l'entropie, il dit qu'on pourrait, sans peine, construire une thermodynamique nouvelle qui, tout aussi bien que la thermodynamique ancienne, représenterait les lois expérimentales connues jusqu'ici, dont pendant dix mille ans les prédictions marcheraient d'accord avec celles de la thermodynamique ancienne, mais qui ensuite entraînerait une décroissance de l'entropie de l'Univers. " Par son essence même, dit-il, la science expérimentale est incapable de prédire la fin du monde, aussi bien que d'en affirmer la perpétuelle activité (1). „

Par le fait même que M. de Lapparent a principalement étudié une science de caractère historique, comme la géologie, qui cherche forcément, non seulement à reconnaître l'état présent de notre globe, mais à établir, de façon plus ou moins hypothétique, ses états antérieurs qui expliquent l'état présent ; par ce fait même, disons-nous, il doit forcément considérer la science comme ayant pour objet de nous faire connaître des réalités objectives, tout en reconnaissant que cette connaissance ne présente, le plus souvent, qu'une probabilité plus ou moins grande. A l'appui de cette tendance, à laquelle il ne saurait se soustraire, M. de Lapparent apporte d'ailleurs de très sérieuses raisons dans la discussion qu'il fait des idées de M. Duhem (2). On lira aussi avec grand intérêt son paragraphe sur les notions d'origine et de fin, malgré la critique implacable que M. Duhem a dirigée contre des discussions de cet ordre.

Au sujet de la finalité, nous aurions une petite critique à adresser à M. de Lapparent, qui ne nous paraît pas avoir donné à l'expression de sa pensée une précision suffisante. Il y a deux façons de concevoir la finalité, même quand on l'attribue à une cause qui connaît la fin et désire la réaliser. On peut rattacher ces deux conceptions de la finalité aux idées de Malebranche et de Leibniz. Pour ce dernier, Dieu a coordonné tous les phéno-

(1) Pour bien saisir toute la portée de la pensée de M. Duhem, il convient de se reporter aussi à la fin de son étude (numéro de novembre), où, sans rien retirer de ce qui précède, il explique qu'il existe un lien d'*analogie* entre la cosmologie et la théorie physique.

(2) Pages 129 et suiv.

mènes du monde matériel de façon qu'ils répondent jusqu'aux moindres phénomènes psychiques des êtres animés : l'univers se trouve ainsi machiné de façon à réaliser une foule de volontés particulières, et l'on ne voit pas pourquoi des volontés particulières de Dieu seraient moins favorablement traitées que celles de ses créatures. Aussi, pour Leibniz, est-il absolument le meilleur des mondes possibles.

Malebranche considère, au contraire, un monde réalisé ainsi grâce à l'intervention d'une foule de buts particuliers, comme inférieur en beauté à un monde soumis seulement à quelques volontés générales, engendrant des résultats de détail moins parfaits et comportant même de regrettables défectuosités, tels que les monstres. " Non content, dit-il, que l'univers l'honore par son excellence et sa beauté, Dieu veut que ses voies le glorifient par leur simplicité, leur fécondité, leur universalité, leur uniformité, par tous les caractères qui expriment des qualités qu'il se glorifie de posséder. Ainsi ne vous imaginez pas que Dieu ait voulu absolument faire l'ouvrage le plus parfait qui se puisse, mais seulement le plus parfait par rapport aux voies les plus dignes de lui (1). "

L'étude de l'univers rend cette dernière conception plus vraisemblable, car, si l'on y reconnaît l'ordre et l'harmonie que célèbre M. de Lapparent, on n'y sent pas généralement les combinaisons ingénieuses qui auraient préparé chaque résultat particulier. Telle paraîtrait, dans l'ensemble, la conception de M. de Lapparent ; mais, quand il aborde des exemples de finalité, il parle tout à fait comme si Dieu les avait préparés par des volontés particulières. Nous pourrions en donner comme exemple ce qu'il dit des circonstances qui ont favorisé la formation et la conservation des dépôts de houille (2). Mais nous préférons envisager le phénomène du *mimétisme*.

Chez le papillon *Kallima*, les deux ailes du même côté s'associent, quand elles sont relevées, pour imiter une feuille de l'arbuste sur lequel vit l'animal ; la couleur et les détails sont parfaits ; mais il y a plus : l'aile antérieure représente la partie distale, et l'aile postérieure la partie proximale de la même feuille, la nervure médiane de la feuille imitée se continuant exactement d'une aile sur l'autre. Pour parfaire l'imitation, l'aile postérieure se prolonge en une corne qui vient au contact de la

(1) Neuvième *Entretien sur la Métaphysique*.
(2) Pages 190 et suiv.

branche sur laquelle le papillon repose, et cette corne reproduit le pétiole de la feuille ! Nous avons vu de ces papillons, et l'imitation est vraiment extraordinaire.

M. de Lapparent n'hésite pas à voir là la volonté de la Providence. S'il veut dire par là que Dieu a tout combiné systématiquement pour que cette merveilleuse réussite de mimétisme se produisît, nous éprouvons un réel embarras à le suivre. Nous avons tous dit avec Racine :

> Aux petits des oiseaux il donne leur pâture,
> Et sa bonté s'étend sur toute la nature.

Or, la pâture des petits oiseaux, c'est une multitude d'insectes, et n'est-il pas un peu gênant de bénir Dieu en même temps de les leur livrer avec générosité et de prendre tant de soin pour leur soustraire une espèce particulière ? Que s'il s'agit, au contraire, d'une simple réussite des lois peu connues de l'évolution, nous admirerons sans réserve des lois générales et simples, capables de produire de tels résultats. Malebranche, après avoir célébré les merveilles du monde des insectes, manquait à son principe, parce que, impuissant à expliquer ces merveilles par la simple loi de la communication des mouvements, il ne voyait d'autre origine à tous les animaux que leur formation par Dieu, aux jours de la création, avec emboîtement de tous les germes devant se développer successivement. Soyons plus fidèles que lui-même à sa pensée et, moins intransigeants sur l'absolue simplicité des lois de la nature, croyons qu'elles sont assez fécondes pour expliquer des prodiges tels que celui qu'a réalisé le *Kallima*.

Après cette sorte de digression sur un détail, revenons à l'analyse sommaire de l'ouvrage. Après avoir combattu les agnostiques, toujours empressés à élargir le cercle de l'inconnaissable, M. de Lapparent se retourne contre ceux qui font de la science le terrain des certitudes, la clé de tous les mystères. Il est ainsi amené à faire le tableau, nullement chargé, nullement pessimiste, des incertitudes et des variations des diverses sciences.

Enfin nous avons vu que, dans un dernier chapitre, il aborde la question des droits et des devoirs de l'apologiste en matière scientifique. Le droit de critiquer tout ce qu'il y a de faux dans les thèses plus ou moins scientifiques par lesquelles on prétend saper toute religion ne saurait faire de doute, et M. de Lapparent indique sommairement, et de façon généralement heureuse,

quelques-unes de ces thèses qui compromettraient la science, si celle-ci était responsable de ce qu'on dit en son nom. Mais pourquoi se laisse-t-il entraîner à lancer contre l'art contemporain de ces anathèmes absolus qui sont toujours injustes et le sont peut-être aujourd'hui plus qu'en bien d'autres temps? En matière dramatique, par exemple, si la *Nouvelle Idole* de M. de Curel a déjà un certain recul, le *Dédale* de M. Paul Hervieu n'est que d'hier, et le *Duel* de M. Henri Lavedan est d'aujourd'hui. Or, qui pourrait contester la noblesse de pareilles œuvres?

Plus intéressante est la discussion des devoirs de l'apologiste envers la science. M. de Lapparent envisage d'abord la nature des positions à défendre; comme le faisait l'abbé de Broglie, il montre combien il importe de ne pas faire la partie belle aux assaillants, en incorporant dans le domaine de la défense dogmatique des traditions qui n'intéressent pas le salut et n'ont pas trait au dogme. Il fait ressortir le danger de ces livres où des résultats acquis de la science sont dénoncés comme contraires à la vérité religieuse, et il fait à ce sujet quelques citations piquantes, tout en taisant charitablement les noms des auteurs. Ensuite il signale tant d'applications radicalement fausses de principes scientifiques à l'explication naturelle de faits extraordinaires, applications qui prouvent simplement qu'avant de se servir de la science il faut apprendre à la connaître, et, à ce propos, M. de Lapparent donne de sages conseils sur la réserve à observer dans les critiques contre les théories évolutionnistes. Enfin il fait un noble appel à la sérénité qui devrait toujours présider au travail scientifique.

Tout le paragraphe que nous venons de résumer nous paraît excellent, et cependant il y a une note que nous y avons cherchée sans l'y trouver, bien qu'assurément la pensée de l'auteur soit, sur ce point, conforme à la nôtre. Il montre avec raison aux apologistes combien leurs intempérantes critiques contre des conquêtes avérées de la science sont de nature à nuire à la cause sacrée qu'ils défendent; mais il ne leur dit pas qu'ils ont trop souvent l'air de n'estimer qu'un seul ordre de vérités, le plus sacré sans doute; que la vérité sans épithète, sans distinction des objets qu'elle concerne, est une chose sacrée aussi et qu'en dehors de toute utilité apologétique elle a droit au respect de tous. Il ne leur dit pas qu'il faut respecter le savant sincère, qui tâtonne à la recherche de la vérité, et ne pas prétendre l'arrêter à tout instant, parce que ses travaux pourraient scandaliser quelque âme simple. Nous avons traité ailleurs ce sujet

et ne voulons ici que l'indiquer, en ajoutant comme conclusion, à laquelle adhérera sans doute sans réserve la pensée si haute et si sincère de M. de Lapparent, cette parole empruntée à un homme qui, pour n'être pas catholique, n'en est pas moins un grand chrétien : " Rappelez-vous que la foi, pour être efficace, doit avoir pour compagne la bonne foi, dans le sens le plus complet de ce terme „ (1).

G. Lechalas.

(1) Ernest Naville. *La Philosophie et la Religion*, page 89. Nous ne résistons pas au désir de reproduire ce conseil, donné à la généralité de ceux qui enseignent la religion : " Annoncez l'Évangile dans sa simplicité, en le séparant autant que possible des surcharges de la théologie. Placez les grandes vérités de la foi en face des cœurs, des consciences, de la vie. Évitez les conflits de détail de la théologie et des sciences ; ils ne se produisent qu'à la circonférence du domaine religieux ; attachez-vous au centre et ramenez-y continuellement l'attention de ceux qui vous ecoutent. „

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

BIOLOGIE GÉNÉRALE

AUTOUR DE LA GÉNÉRATION SPONTANÉE. LE RADIUM ET LA VIE

Le lecteur ne doit espérer ni redouter que nous entonnions après tant d'autres notre hymne au radium. Nous estimons suffisante la documentation psychologique réservée à nos arrière-neveux par la récente efflorescence du lyrisme scientifique de nos contemporains. Passé les portes du laboratoire, les faits, entraînés dans le grand courant de la publicité, s'amplifient et se dramatisent : les espoirs qu'ils font naître se haussent à même ; puis, tôt ou tard, dans ce décor d'épopée, la vérité expérimentale se trouve bien simple, bien modeste, bien vulgaire, et, pour tout dire, bien dépaysée. Que ce soit l'excuse de cette brève chronique, qui n'aura rien du dithyrambe.

Tout biologiste, je crois, souscrira volontiers à cette proposition de Weismann : " La question de l'origine de la vie est un problème qui attendra longtemps encore sa solution „ (1). Par ailleurs, le sens même de cette solution se trouve nécessairement impliqué dans l'*attitude métaphysique* que l'on adopte vis-à-vis du problème plus général de l'essence même de la vie. Attitude métaphysique ? Eh ! oui, c'est triste à dire, mais, en ce domaine de la biologie générale, je ne sache pas que beaucoup de savants aient gardé la parfaite neutralité d'un agnosticisme

(1) A. Weismann. *Vorträge über Descendenztheorie*. Jena, 1902, t. I, p. 6.

conséquent avec soi-même. Donc, les *métaphysiciens* vitalistes d'une part, reconnaissant dans l'être vivant quelque chose de plus que de pures interactions physico-chimiques, doivent bien chercher les antécédents de ce " quelque chose " en dehors du monde physico-chimique ; d'autre part, les *métaphysiciens* mécanicistes, de quelque confession qu'ils se réclament, sont acculés logiquement à expliquer l'origine de la vie par une " auto-organisation " de la matière inorganique, par une " génération spontanée ", peut-être actuellement impossible, mais, en tous cas, réalisée à un moment quelconque de la durée." Je ne vois aucune possibilité, écrit Weismann, d'écarter l'hypothèse d'une génération spontanée : elle est pour nous une nécessité logique (1). " Et, en fait, beaucoup de biologistes acceptent cette conséquence inéluctable de leurs opinions philosophiques. " D'aucune façon, proclame Max Verworn, nous n'échapperons à cette conclusion, que la substance vivante est sortie quelque jour de ces autres substances que nous avons accoutumé d'appeler non vivantes (2)."

On conçoit dès lors l'intérêt théorique de certaines recherches susceptibles peut-être de jeter quelques lueurs sur ce mystère des origines de la vie. Malheureusement, beaucoup de ces recherches se montrèrent moins significatives qu'elles n'avaient paru de prime abord. Quel émoi lorsque, pour la première fois, on réalisa en laboratoire des synthèses organiques qui semblaient l'apanage exclusif de la matière vivante ! C'était comme une mainmise sur la vie. Il fallut en rabattre. Bientôt néanmoins l'on croit prendre sa revanche. Voici qu'on décompose l'activité totale de l'être vivant en activités secondaires, soigneusement isolées en vue d'une étude méthodique : rien de mieux, mais pourquoi cet étonnement naïf et triomphant, lorsqu'on ne trouve dans les manifestations de ces activités que des phénomènes physico-chimiques ? Un prophète de médiocre clairvoyance eût pu prédire ce résultat, et l'énigme de la vie subsistait tout entière.

Une seule démonstration eût été péremptoire : celle qui consistait à montrer expérimentalement la vie s'organisant au sein de la matière brute. Longtemps, une observation insuffisante permit de croire que la nature prodignait cette démonstration. La controverse fameuse entre Pasteur et Pouchet ruina définitivement l'édifice de preuves dont s'étayait la croyance à une géné-

(1) A. Weismann, *op. cit.*, t. II, p. 412.
(2) Max Verworn, *Allgemeine Physiologie*. 4e Aufl. Jena, 1903, p. 335.

ration spontanée actuellement réalisable. Malgré le nouvel et récent effort de Bastian (1), qui garde une foi robuste en la génération spontanée et défend envers et contre tous cette autre cause perdue qu'est la génération équivoque, on s'accordera presque unanimement à déclarer, comme Ch. Richet, qu' " en tous cas, actuellement, on doit dire qu'il n'y a pas de génération spontanée dans les conditions expérimentales connues (2) ".

Pouchet et Bastian étaient sur une fausse piste ; la persévérance de ce dernier à la suivre en dépit du scepticisme général confine à l'obstination. Plus avisés peut-être furent ceux qui, renonçant, provisoirement du moins, à voir germer des organismes aussi définis que des protozoaires ou des bactéries dans des milieux de culture, qu'on soupçonnera toujours d'avoir été mal stérilisés, s'efforcèrent de combler *petit à petit* l'abîme qui sépare la matière nettement inorganique et la matière nettement vivante, tâchèrent de saisir dans le monde minéral les moindres velléités d'organisation, les lois de transformation des équilibres morphologiques et chimiques un peu complexes, bref, tout ce qu'ils pouvaient considérer comme les signes avant-coureurs de la vie. Pareilles recherches, dussent-elles finalement proclamer " l'autonomie " de la vie, ne sauraient être superflues, car, qui peut se flatter — fût-il vitaliste — de définir actuellement le *minimum* de caractères qui seraient le signe et l'effet d'une énergie nouvelle transcendant l'inorganique ?

Plusieurs des tentatives faites pour reproduire artificiellement quelqu'un des phénomènes vitaux élémentaires sont restées classiques et constituent un des premiers chapitres de la " cytomécanique " : qu'on veuille se rappeler les préparations mousseuses de Bütschli (1892-1894) et de Rhumbler (1896), reproduisant d'une manière satisfaisante la structure alvéolo-réticulée du protoplasme ; les observations de Bütschli et de Quincke (1888) sur les mouvements des gouttelettes d'une émulsion ; les modèles mécaniques de Heidenhain (1895) ; les asters (Morgan 1896) et les fuseaux artificiels (Henking 1893, Ziegler 1895, Gallardo 1896, S. Leduc plus récemment) ; l'ingénieuse interprétation donnée

(1) Bastian, H. C. *Studies on Heterogenesis.* London, 1904. — *Archebiosis and Heterogenesis.* NATURE, vol. 71, nov. 1904. — *On the Origin of Flagellate Monads and of Fungus-germs from minute Masses of Zooglaea.* IBID., nov. 1904.

(2) Ch. Richet, *La génération spontanée.* Article destiné au *Dictionnaire de Physiologie* du même auteur et reproduit dans la REV. GÉN. DES SC., t. 15, 1904, p. 404.

par Rhumbler de quelques traits de la division cellulaire, etc. Toutes ces recherches ont leur intérêt, mais il ne viendra en l'esprit de personne qu'elles acheminent très avant dans l'explication de la vie.

La plasmologie. — Entretemps naissait à Naples, dans les laboratoires de von Schrön, une science nouvelle, appelée peut-être à quelque avenir et à coup sûr intéressante : la plasmologie. Au cours d'études bactériologiques, von Schrön eut l'attention attirée sur la manière dont cristallisaient certaines sécrétions albumineuses de bactéries : durant toute une phase de leur formation ces cristaux lui parurent présenter, à peu près, l'allure de petites masses vivantes. Il étendit alors ses recherches aux solutions minérales et y constata les mêmes phénomènes. Voici — sommairement — quelques-uns des principaux (1).

Il y a dans l'existence des produits solubles un moment particulièrement important : c'est celui où l'équilibre instable d'une solution, à point pour cristalliser, vient à se rompre. Que se passe-t-il alors ? Dans la masse homogène de l'eau-mère, dans le *pétroplasme*, se détache une sorte de globule, visible grâce à un indice de réfraction différent de celui du liquide. A l'intérieur de ce globule apparaissent des formations réticulées, puis de petits points obscurs comparables à des noyaux : ce sont les " *pétroblastes* ", les progéniteurs des éléments cristallins. Ces pétroblastes ne restent pas tous enfermés dans le globule : une partie le quitte pour aller donner naissance à d'autres cristaux embryonnaires ; mais le globule est lui-même le siège d'une élaboration cristalline grâce à un ou plusieurs pétroblastes qui y demeurent. Les pétroblastes ne sont pas des corpuscules inertes : ils s'accroissent en attirant à eux les matériaux du pétroplasme environnant et se multiplient — comme les organismes unicellulaires — par division ou par bourgeonnement. Von Schrön, très frappé de ces analogies curieuses avec les phénomènes

(1) Voir : M. Benedikt, *Le Biomécanisme ou néovitalisme en médecine et en biologie*. Traduit par Robert-Tissot, 1re partie. Paris, Maloine, 1901 ; 2e partie, 1904. — Id., *Les Origines des formes de la vie;* Rev. Scient., 1905, p. 417. — F. di Brazza et P. Pirenne, *La Vie dans les cristaux ;* Rev. Scient., 1904, p. 518. — H. Piéron, *Un nouvel aspect de la lutte du mécanisme et du vitalisme. La plasmologie.* Rev. Scient., 1905, p. 452. Nous renvoyons de préférence à cet article, un des plus judicieux qu'ait inspirés la question présente. — Jacques Boyer, *La Vie des cristaux.* Cosmos, 1904.

vitaux, en arriva à la conviction que les cristaux *vivent* réellement durant les stades précristallins et nous laissent leurs squelettes sous la forme de cristaux parfaits. Vie éphémère, dont le professeur napolitain croit lire le cycle entier dans les 12 000 micro-photogrammes où il en a fixé maintes et maintes fois toutes les étapes, mais aussi vie spontanément organisée au sein d'une solution inorganique, " génération spontanée „ au sens le plus rigoureux du mot. La vie n'est pas l'apanage du germe organique, la vie est une propriété moléculaire.

Ces vues de von Schrön trouvèrent quelque écho, notamment chez le professeur de Vienne, Moriz Benedikt, qui les rappela à ses lecteurs dans une brochure récente (1). Depuis elles furent vulgarisées de ci de là et eurent la bonne fortune de prendre le public par les yeux autant et plus que par l'esprit, grâce à de très nombreuses et très jolies reproductions photographiques. C'étaient tantôt de belles cellules de quartz, rappelant par leur ampleur et la netteté de leur noyau certaines grandes cellules glandulaires de tissus animaux ; tantôt des figures précristallines d'acide salicylique simulant une agglomération de cellules nerveuses bipolaires ou pluripolaires; tantôt des rhomboèdres d'acide urique, encore munis d'un noyau, mais déjà saisis par la rigidité de l'état cristallin, et ainsi de suite. Puis un savant mexicain, M. Herrera, qui s'est fait le traducteur de la brochure de Benedikt (2), vint ajouter à la galerie de von Schrön les tableaux étranges que lui avaient dessinés complaisamment les silicates : non seulement des cellules et des noyaux, des amibes, des bacilles, mais des diatomées, des radiolaires, des hyphes et des asques de champignons, des figures en spirème et jusqu'à des méduses et des lombrics. De son côté, M. S. Leduc avait obtenu des formes remarquables par des procédés relativement simples: fuseau et asters de la karyocinèse (3), tissus liquides à belles cellules nucléées polyédriques, tissus gélatineux, dont les cel-

(1) M. Benedikt, *op. cit.*, 1904.— Id., *Krystallisation und Morphogenesis. Biomechanische Studie.* Wien, 1904.

(2) M. Benedikt et A. Herrera, *El Biomecanismo o Neovitalismo en Medicina y en Biologia.* Mexico, 1904.

(3) S. Leduc, *Diffusion des liquides. Son rôle biologique.* C. R. Ac. Sc. Paris, 1904 (5 déc.).— Relativement aux phénomènes de la karyocinèse, signalons un travail récent, qui rappelle les recherches de Gallardo : Prof. M. Hartog, *The Dual Force of the dividing Cell.* Part. I. *The Achromatic Spindle-Figure elucidated by Magnetic Chains of Force.* Proc. Royal Society, 513 B (19 jan. 1905).

lules, à membranes nettement marquées, donnent l'impression d'un parenchyme végétal, et autres curiosités de ce genre. Plus d'un lecteur, peu familiarisé avec la morphologie cellulaire, dut se dire, en voyant passer ce défilé d'ébauches vitales, que le domaine de la vie organique était décidément entamé par la matière minérale.

Les radiobes. — Il nous reste à signaler la dernière en date de ces tentatives biomécaniques. Nous en empruntons l'exposé à son auteur responsable, M. John Butler Burke, un jeune physicien irlandais du " Cavendish Laboratory „ de Cambridge (1). Étudiant le mode de formation des équilibres moléculaires instables, il fut amené à se demander si de pareils groupements ne s'édifieraient pas, dans certaines substances organiques, sous l'action du radium. L'expérience était relativement aisée. Un bouillon de culture contenant une forte proportion de gélatine fut distribué entre plusieurs tubes. Une partie de ceux-ci reçurent en même temps une petite quantité de sels de radium : bromure ou chlorure ; les autres tubes servirent de contrôle. Le tout avait été soigneusement stérilisé, à 130° C, selon les procédés ordinaires. Or, après 24 heures environ dans les bouillons saupoudrés de bromure, après trois ou quatre jours dans les bouillons saupoudrés de chlorure, se montra à la surface de la gélatine une apparence analogue à celle des cultures microbiennes, apparence qui, en quinze jours, envahit la masse vers le bas, jusqu'à un bon centimètre de la surface. De plus, la portion de la gélatine où siégeait l'apparence en question déviait à gauche le plan de la lumière polarisée. Dans les tubes de contrôle, ni apparence de culture, ni pouvoir rotatoire. L'examen microscopique amena de nouvelles constatations. La gélatine des tubes de contrôle ne présenta aucune trace de bactéries. Par contre, celle qui avait été soumise à l'action du radium contenait des formations globulaires de dimensions diverses ne dépassant guère 0,3 μ. " Un examen attentif et prolongé de leur structure, de leur manière d'être et de leur développement, écrit M. J. Burke, me permet à peine de douter qu'ils ne constituent des corps hautement organisés, bien qu'ils ne soient pas des bactéries. „ Que ce ne soient pas des bactéries, on l'admettra facilement, puisque la stérilisation, comme le prouvent les tubes-témoins,

(1) John Butler Burke, *On the spontaneous action of radio-active bodies on gelatine media.* NATURE, t. 72, mai 1905, p. 78. Voir aussi IBID., juill. 1905, p. 294 et t. 73, nov. 1905, p. 5.

n'a rien laissé à désirer et que d'ailleurs ces nouveaux corpuscules ne donnent pas de sous-cultures. Mais pourquoi leur attribuer une organisation supérieure à celle des cristaux ordinaires? C'est, répondra M. J. Burke, qu'ils ne sont pas des " agrégats statiques „ comme les cristaux, mais des *agrégats dynamiques*. En effet, le corpuscule — le *radiobe*, puisqu'il faut l'appeler par son nom — s'accroît, se multiplie et dépérit. Une limite constante est imposée à sa croissance, et M. Burke attache à ce fait une importance particulière, parce qu'il y voit l'indice d'une adaptation des relations internes aux relations externes, c'est-à-dire, d'après lui, un signe de " vitalité „. Un " radiobe „ serait donc un organite intermédiaire entre un cristal et un protoplasme vivant typiquement constitué : il se forme sous la seule action des énergies inorganiques, en dehors de toute influence vivante ; d'autre part, avec un peu de bonne volonté, on dirait qu'il *vit*.

Ne tiendrions-nous pas cette fois le chaînon tant cherché entre le règne minéral et le règne organique ?

Ce n'est pas l'avis de tout le monde, tant s'en faut. Les meilleures autorités scientifiques de Grande-Bretagne observèrent dès l'abord une prudente réserve. En juillet dernier (1), Sir William Ramsay émit publiquement ses doutes et fit entrevoir des possibilités d'explication qui réduisent notablement la portée de la découverte de J. Burke.

Le seul fait qui pût servir de base sérieuse à l'interprétation proposée par J. Burke était la croissance et le bourgeonnement des corpuscules gélatineux. Sir William Ramsay montre que ce fait est susceptible d'une explication mécanique relativement simple. " L'émanation (de radium) dissoute dans l'eau, la décompose en ses gaz constituants, l'oxygène et l'hydrogène. Et il y a proportionnalité entre le degré de décomposition de l'eau et le degré d'altération de l'émanation. Au début, lorsque celle-ci est récente et, par conséquent, relativement abondante, la quantité des gaz libérés est comparativement considérable : puis, à mesure que l'émanation se raréfie, la décomposition se ralentit, une moindre quantité de gaz étant produite durant la même unité de temps. „ D'autre part, " la solution de l'émanation dans l'eau possède la curieuse propriété de coaguler l'albumine. On ignore la nature précise de la transformation ainsi déterminée. Toujours est-il que, l'émanation une fois mise en présence d'un liquide qui contient

(1) William Ramsay, *Le radium peut-il donner la vie ?* Revue gén. Scienc., t. 16, 1905, p. 801.

de l'albumine, il se constitue dans ce liquide des cellules ultramicroscopiques „ par l'effet combiné du dégagement gazeux et de la coagulation de l'albumine. Appliquons ces données aux expériences de J. Burke. “ M. Burke emploie du bromure de radium, solide, en fine poudre. Il en éparpille quelques minuscules grains sur son bouillon gélatiné. Celui-ci n'étant qu'à demi solidifié, il est à peu près certain que les grains de bromure de radium s'enfoncent quelque peu au-dessous de la surface. Ils se trouvent ainsi dans les conditions voulues pour, en se dissolvant, décomposer l'eau, c'est-à-dire pour libérer de l'oxygène et de l'hydrogène en même temps que de l'émanation, laquelle reste mélangée à ces gaz. Il se forme de la sorte des bulles minuscules... Et l'action coagulatrice exercée par l'émanation sur l'albumine du milieu étudié fournit à chacune de ces bulles la membrane voulue pour qu'elles affectent l'aspect d'autant de cellules... „ Voilà pour l'origine des radiobes : simples “ poches „ gazeuses. Voici maintenant le mystère de leur croissance. “ L'émanation qui se trouve également enclose dans cette espèce de poche continue à décomposer l'eau, puisqu'elle (l'eau) diffuse à travers la paroi, et avec d'autant plus de facilité que celle-ci est naturellement humide. Cette diffusion n'est cependant pas assez rapide pour empêcher l'accumulation des gaz et, par suite, l'éclatement de la bulle, éclatement qui peut se produire sur plus d'un point. „ Et le bourgeonnement ? C'est bien simple. “ Les gaz qui s'échappent par ces crevasses entraînent avec eux un peu de l'émanation, qui les dote immédiatement d'une poche nouvelle greffée sur la première. Il en résulte que celle-ci ressemble à une cellule de levure, et la seconde à un bourgeon... „ “ Et ce processus se réitérera nécessairement tant que le radium continuera à engendrer de l'émanation, c'est-à-dire ni plus ni moins que pendant des milliers d'années. Les “ organismes „ de M. Burke ont donc devant eux une belle perspective de longévité. „

Il reste, par conséquent, de moins en moins vraisemblable que le radium puisse faire surgir la vie dans la matière brute et il faudra se résigner à éteindre ce rayon d'une gloire bien assez touffue encore. Du reste, s'il faut en croire M. W. A. Douglas Rudge (1), les sels solubles de baryum produiraient sur la gélatine les mêmes merveilleux effets que les sels de radium : gloire partagée, gloire amoindrie.

(1) W. A. Douglas Rudge, *Action of Radium Salts on Gelatin*. NATURE, t. 72, oct. 1905, p. 631.

Cette réduction de l'aventure des radiobes à des proportions qu'elle n'eût jamais dû dépasser, achèvera sans doute d'éteindre une querelle de priorité qui s'est élevée entre M. Burke et M. Raphaël Dubois (de Lyon). Celui-ci, indépendamment du premier, avait obtenu des cellules gélatineuses, de " grosses vacuolides ", sous l'action des sels de radium, de baryum et de manganèse (1). M. Burke proteste (2) contre l'identification de ces vacuoles, visibles à grossissement moyen et de structure probablement cristalline, avec les vrais radiobes, infiniment exigus, dont l'observation exige l'emploi des objectifs les plus puissants, car ils atteignent à peine la taille des plus petits diplococcus. Faut-il après cela débouler M. Dubois de ses prétentions et déclarer *that his claim to priority is quite irrelevant?* Nous n'avons pas à trancher ce litige : essayons plutôt de tirer la morale des pages qui précèdent et d'apprécier à leur juste valeur les expériences qu'elles relatent.

Si une trouvaille sensationnelle ne vient réhabiliter les radiobes, l'engoûment du grand public fera bientôt place à l'indifférence, peut-être au dédain, ce qui serait injuste. La foule, même instruite et cultivée, aime les coups de théâtre, et des acteurs qu'elle grandit exige qu'ils soutiennent sans faiblir leur rôle factice. Qui ne voit que ce procédé est aux antipodes de la méthode scientifique, faite tout entière de calme, de patience, de mesure et d' " objectivité " ? On pourrait écrire sur la porte des laboratoires le fameux " odi profanum vulgus et arceo ". Or, les radiobes relèvent avant tout du laboratoire. Certes, nous nous permettons de trouver leur baptême prématuré, mais nous ne voudrions pas méconnaître l'intérêt sérieux qu'ils peuvent présenter au point de vue de la cytomécanique. Il convient de leur donner une place à côté des formations précristallines. Celles-ci offrent, il est vrai, des apparences morphologiques rappelant parfois plus nettement des tissus organiques, mais elles se produisent aux dépens de substances infiniment éloignées, dans leur constitution chimique, des albumines vivantes ; autrement en va-t-il des bouillons gélatineux de Burke, et les transformations qui s'y manifestent empruntent de ce chef une signification plus spéciale.

Il nous reste à préciser la signification biologique de la plasmologie et en général de la cytomécanique. Il ne viendra à la

(1) Voir R. Dubois, *La génération spontanée par le radium : éobes et radiobes.* Revue des Idées, 15 juill. 1905.

(2) Voir Nature, juill. et nov. 1905.

pensée de personne — et de M. Herrera moins que de tout autre — d'assimiler les lombrics, les méduses, les radiolaires ou même les amibes silicateux aux modèles vivants qu'ils copient grossièrement. De même la ressemblance des cellules et des tissus de MM. von Schrön et S. Leduc avec les cellules et les tissus authentiquement vivants est bien superficielle, et n'émouvra que médiocrement un biologiste un peu familiarisé avec les détails de la morphologie cellulaire. Ressemblance lointaine, bornée aux grands traits, mais qui pourrait être infiniment plus parfaite sans qu'on eût le droit de s'en étonner... Quant aux aptitudes dynamiques de ces formations, quel est le biologiste étroit qui eût pu les dénier *à priori* à des agrégats purement minéraux ? L'être vivant n'a pas le monopole de l'énergie, on le savait depuis longtemps ; il n'a pas même le monopole d'une certaine tendance morphogénique, comme la cristallographie en avait fait foi. Pourquoi des agrégats inorganiques ne présenteraient-ils pas des phénomènes analogues à la croissance et au bourgeonnement ?

Mais j'entends une objection : où, dans ce cas, faire passer la limite entre le vivant et le non-vivant ? Ceci pourrait n'être qu'affaire d'école, ou pure question de terminologie. Mais si nous cherchons la démarcation objective qui serre de plus près le sens commun, nous nous servirons avec avantage du critérium séculaire de l'aristotélisme. Voici. L'étude du monde minéral fournit un certain nombre de lois générales qui régissent les activités de ce que nous appelons la *matière brute* ; de plus, l'exercice de ces activités est universellement soumis à certaines conditions d'espace et de temps. Passons maintenant aux êtres auxquels le sens commun attribue la vie *à coup sûr*. Nous y constatons un certain nombre de propriétés analogues à celles du monde minéral ; puis des modes d'activité plus complexes, qu'une analyse attentive permettrait néanmoins de considérer isolément comme de simples résultantes des activités élémentaires de la matière ; enfin, par dessus tout cela, ou plutôt compénétrant et ordonnant tout cela, un système *de régulations et de corrélations*, qui ne se laissent pas réduire en composantes inorganiques et dont la mise en œuvre échappe *jusqu'à un certain point* aux nécessités spatiales des énergies physico-chimiques (1). Cette irréductibilité, cette

(1) Nous ne pouvons faire ici la glose ni la preuve de cette proposition. Le lecteur se reportera avec fruit à un article récent, où le Prof. Grégoire a vulgarisé ces notions délicates avec une grande solidité philosophique et une rare compétence (*Le Mouvement antimécaniciste*. Rev. Quest. Scient., t. 58, oct. 1905).

différence profonde dans le mode d'action, cette " autonomie ", pour employer l'expression de Hans Driesch, partout où elle se trouvera réalisée, sera le signe d'une activité nouvelle débordant les activités inférieures ; dans le cas présent, elle sera le signe de la vie. En termes expérimentaux, la question de la limite du vivant et du non-vivant se pose donc comme suit. Voici un " agrégat dynamique " : vit-il ? Je vous réponds par cette alternative : Une analyse consciencieuse vous y a-t-elle montré "autre chose " qu'une application plus ou moins complexe des lois mécaniques, physiques et chimiques ? — Non. Alors il ne vit pas : ce n'est qu'un ingénieux mécanisme. — Oui. Dans ce cas, disons qu'il vit. Et je ne prétends nullement que votre réponse puisse toujours être aussi catégorique: il se présentera — surtout parmi les organismes inférieurs — des sujets douteux pour lesquels la preuve d'une " autonomie " serait malaisée à établir. Vous tâcherez alors de fonder votre conviction sur d'autres indices, par exemple sur des analogies de structure et de fonctionnement, et vous vous contenterez d'une probabilité plus précaire.

Revenons à la plasmologie et à la cytomécanique. On y réalise au moyen des seules forces physico-chimiques quelques phénomènes analogues à ceux qui se rencontrent universellement chez les êtres vivants. La constatation est fort intéressante; que prouve-t-elle ? Que la vie s'est organisée spontanément dans la matière brute ? Nullement, mais elle nous montre mieux jusqu'à quel point la matière vivante est soumise aux lois générales des équilibres morphologiques et chimiques; elle permettra peut-être de mieux définir de quelle manière l'énergie vitale interfère avec les causalités extérieures. Aucun vitaliste ne prétend que la forme, la structure ou les réactions chimiques de l'être vivant soient l'effet exclusif de l'énergie vitale : elles sont l'effet combiné et progressif d'une tendance interne et de diverses causalités extérieures (1). Un vitalisme bien compris ne peut qu'accueillir avec faveur tout ce qui lui permettra de se formuler d'une manière plus nette : rien ne l'empêche donc de fraterniser avec la plasmologie et la cytomécanique.

Aussi, du point de vue même du vitalisme, est-ce avec plaisir et sans la moindre appréhension que nous avons vu surgir, ces dernières années, divers genres de recherches, considérées par

(1) La Revue publiera ultérieurement un aperçu de l'état actuel des recherches dans le domaine de la morphologie expérimentale.

plusieurs comme un appoint au mécanicisme. Telles, par exemple, les expériences de M. Chunder Bose (1), sur la " sensibilité des métaux „ à l'excitation électrique ; sur les phénomènes de " fatigue „, de " repos „, d' " empoisonnement „, etc., qu'ils manifestent... (Il va sans dire que nous n'en tirons pas les mêmes conclusions que M. Chunder Bose...). Tels encore, et surtout, les travaux relatifs aux solutions colloïdales. Le platine colloïdal décompose l'eau oxygénée, comme le font certains ferments du sang, et oxyde l'alcool aussi bien que le mycoderma aceti ; l'iridium colloïdal attaque le formiate de calcium avec autant de succès que certaines bactéries; plusieurs poisons, qui détruisent les ferments organiques ou en entravent l'action, paralysent de même l'activité des métaux colloïdaux (2). Ces analogies d'action, pour intéressantes qu'elles soient, ne donnent pas la clef des phénomènes vitaux. De même, les observations délicates et les hypothèses ingénieuses de M. Jean Perrin (3) sur les phénomènes granulaires des solutions colloïdales ne justifient pas, à nos yeux, l'espoir exprimé comme suit par la chronique de la Revue générale des Sciences : " En rapprochant les travaux de M. Perrin de la théorie granulaire de la matière vivante, telle que l'ont adoptée de nombreux biologistes, on arrive peut-être à entrevoir comme pas trop lointaine une solution physico-chimique des problèmes biologiques (4) „. Et nous en dirons autant de recherches plus récentes encore, par exemple de celles très méritantes de V. Henri et Larguier des Bancels (5) sur le mécanisme des actions diastasiques et l'application à la physiologie générale des méthodes de la chimie physique.

Il est piquant de constater qu'au moment même où plusieurs chimistes et physico-chimistes accentuaient la note mécaniciste, le Prof. Neumeister (6) — un chimiste, lui aussi, non un pur morphologiste — écrivait, à Iéna, des déclarations comme celles-ci : Les vrais phénomènes vitaux sont intraduisibles en termes empruntés aux catégories physico-chimiques : la vie est une relation réciproque du physique et du psychique. — Les activités

(1) Jagadis Chunder Bose, *Response in the living and non-living*. London, 1902. Voir aussi : Journal de Physique, août 1902.

(2) G. Le Bon, *Énergie intraatomique*. Rev. sc., 1903, p. 551.

(3) C. R. Acad. Sc. Paris, t. 136 et t. 137 (1903).

(4) Rev. gén. scienc., t. 14, 1903, p. 1128.

(5) Journal de Physiol. et de Pathol. génér., 1904, p. 261.

(6) R. Neumeister, *Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen*. Ein Beitrag zum Begriff des Protoplasmas. Jena, 1903.

vitales portent l'empreinte de quelque chose de transcendantal, etc... Bien entendu, ce " psychique „ et ce " transcendantal „ demandent explication, et nous n'y souscririons pas sans réserves.

Si ces lignes tombaient sous les yeux du Prof. Max Verworn, l'auteur très distingué d'une presque classique " Physiologie générale „, nous serions sans doute irrévocablement classé parmi ces " mystiques „ de la biologie, dont la multiplication inspire des craintes sérieuses à la sollicitude scientifique du docte professeur (1). C'est que " le mysticisme est la négation même de la science „... Notre cas d'ailleurs se trouve fort aggravé par l'appel imprudent que nous avons fait à l'autorité de Neumeister et surtout de Driesch. Quoi qu'il en soit de l'opportunité d'altérer à ce point le sens traditionnel du mot " mysticisme „, nous nous bornerons, pour notre défense, à laisser le lecteur résoudre lui-même la question suivante. Au double problème, que Verworn formule à peu près en ces termes : 1. Les processus vitaux dépendent-ils exclusivement des mêmes principes d'activité que les processus de la matière inanimée ? 2. Les processus psychiques sont-ils réductibles aux mêmes principes d'où dépendent les processus matériels ? — *A priori* et en chœur, Max Verworn avec tous les tenants du monisme matérialiste répondent *oui*. Pour nous, fidèles à une méthode qui fait le fond même de l'aristotélisme et de la philosophie scolastique, nous répondons simplement : tout dépend de l'examen des faits, nos principes nous lient au verdict de l'expérience ; mais nous pensons, et c'est bien notre droit, qu'actuellement les faits disent *non*. Qui manque " d'esprit scientifique „ ?...

J. M., S. J.

PHYSIOLOGIE

—

SUR LE MÉCANISME DES SÉCRÉTIONS DIGESTIVES

Le regretté P. Hahn a rendu compte, dans cette Revue, des travaux de Pawlow sur les sécrétions digestives. L'habile

(1) Max Verworn, *Principienfragen in der Naturwissenschaft*. Jena, 1905.

physiologiste russe eut le mérite de mettre en belle lumière expérimentale deux ordres de faits vaguement pressentis par le sens commun : 1° l'influence des sensations et des pures représentations imaginaires, non seulement sur la sécrétion salivaire, mais aussi sur les sécrétions gastriques ; 2° l'adaptation des sécrétions gastrique et pancréatique à la nature des aliments ingérés. Le premier de ces faits apportait une confirmation nouvelle à toutes les expériences d'où l'on avait pu déduire depuis longtemps l'action d'un mécanisme nerveux dans le fonctionnement des glandes digestives ; le second fait ne pouvait guère se concevoir que comme l'effet d'une sensibilité spéciale, d'une sorte d'électivité des terminaisons nerveuses affleurant aux muqueuses qui se trouvaient en contact avec les matières alimentaires. D'où, chez plusieurs physiologistes, la tendance à attribuer une importance trop exclusive à l'action du système nerveux dans les sécrétions digestives. Il fallut en rabattre un peu, et au chapitre de l'*action sécrétoire réflexe* doit se joindre aujourd'hui le chapitre de l'*action sécrétoire humorale.*

Action sécrétoire humorale. Sécrétine et sécrétion pancréatique. — Les principaux pionniers de cette nouvelle conquête furent deux savants anglais, Bayliss et Starling. Ils exposèrent leurs recherches dans une " lecture ", faite devant la Royal Society, le 24 mars 1904 (1). Voici, dégagés de cette communication, quelques points plus intéressants.

Pour Pawlow, la sécrétion pancréatique, aussi bien que la sécrétion salivaire, résulte d'un processus nerveux réflexe. Contre cette manière de voir, une première difficulté surgit bientôt des expériences de Popielski (2) et de Wertheimer (3). On savait que l'introduction d'une certaine quantité d'acide dans le duodénum provoquait la sécrétion pancréatique. Rien en cela qui contredît les vues de Pawlow, l'attaque de l'acide déterminant une réaction réflexe. Mais voici que la sécrétion pancréatique se produisait encore après rupture de toute communication nerveuse de l'intestin et du pancréas avec le système nerveux central, bien plus après extirpation des ganglions du plexus solaire. Les voies du

(1) *The Chemical Regulation of the Secretory Process.* By Dr Bayliss T. R. S. and Prof. Starling T. R. S. (Read before the Royal Society. Croonian lecture). Voir aussi leurs communications antérieures : Journ. Physiol., vol. 28, 1902. — Centralblatt für Physiol., 1902.

(2) Gazette clinique de Botkin, 1900.

(3) Journal de Physiol., etc. Vol. 3, 1901.

réflexe pancréatique — si réflexe il y a — devenaient fort malaisées à reconnaître et, dans ce cas, se trouvaient donc restreintes aux éléments nerveux et aux connexions nerveuses du duodénum et du pancréas.

Bayliss et Starling reprirent la question à ce point et furent assez heureux pour instituer " l'expérience cruciale ", qui consistait, en l'occurrence, à obtenir la sécrétion pancréatique en versant de l'acide dans une boucle intestinale préalablement *isolée de toute communication nerveuse* avec le pancréas et avec le reste du corps. L'arc réflexe ayant été rompu, il fallait bien qu'une autre voie eût assuré la corrélation observée entre l'intestin et le pancréas : ne restait guère que la voie circulatoire. Mais une question se posait alors : était-ce l'acide qui, absorbé par la muqueuse intestinale, était charrié par le sang jusqu'au pancréas et y provoquait la sécrétion ? était-ce une autre substance née sur le parcours et sous l'action de l'acide ? De nouvelles expériences tranchèrent l'alternative. L'acide injecté directement dans les vaisseaux sanguins ne donna lieu à aucune sécrétion. Un élément nécessaire à l'excitation sécrétoire était donc produit, en amont, dans la muqueuse intestinale elle-même. Et, en effet, il suffit de faire agir l'acide chlorhydrique sur les produits de râclage de cette muqueuse pour obtenir un mélange dont l'injection dans le torrent circulatoire amenait une abondante sécrétion pancréatique. Cet excitant sécrétoire originaire de la muqueuse fut appelé *sécrétine*.

Nous ne suivrons pas les auteurs anglais dans l'étude des caractéristiques chimiques — encore toutes négatives — de leur sécrétine. Elle n'est ni un protéide coagulable, ni un ferment, ni un alcaloïde. Comme l'adrénaline, elle est extrêmement oxydable, et comme l'adrénaline aussi, elle jouit de propriétés qui ne sont pas individuelles ou spécifiques au sens limitatif de ces mots : la sécrétine du chien peut provoquer la sécrétion pancréatique, non seulement chez un autre chien, mais chez les vertébrés les plus divers : singe, chat, lapin, oiseau, grenouille, etc...

Sécrétine et sécrétion biliaire. — On sait le rapport étroit qui existe, chez les mammifères supérieurs surtout, entre la sécrétion biliaire et la sécrétion pancréatique : à plusieurs points de vue le concours simultané des deux sucs est indispensable à une digestion normale. Or, il paraîtrait que la sécrétion biliaire est amorcée ou accélérée par le même mécanisme humoral qui excite l'activité du pancréas. Les divers travaux relatifs à cette

question se confirment les uns les autres. Henri et Portier (1), puis Enriquez et Hallion (2) mirent nettement en évidence l'action accélératrice de la sécrétine sur la production de la bile. Bayliss et Starling (3), de leur côté, arrivèrent aux mêmes résultats en injectant dans les veines une solution de sécrétine aussi parfaitement purifiée que possible. Falloise (4) surtout, grâce au soin qu'il prit de n'injecter que des produits débarrassés d'albumoses et de sels biliaires, put établir des conclusions irréprochables. Ces recherches, et d'autres encore, permettent de conclure au parallélisme complet des processus excito-sécrétoires humoraux provoquant d'une part la sécrétion pancréatique et d'autre part la sécrétion biliaire. Dans les conditions physiologiques, le chyme acide, passant de l'estomac dans le duodénum, " engendre, aux dépens d'une prosécrétine contenue dans la muqueuse duodénale, une sécrétine qui, résorbée par les racines du système-porte, est entraînée au foie et en accélère l'activité sécrétoire ", tout en se portant simultanément vers le pancréas pour en exciter et en activer la sécrétion.

Le fait d'une sécrétion humorale — pancréatique et biliaire — est suffisamment établi par les observations rappelées ci-dessus. Enriquez et Hallion l'ont confirmé par une expérience fort élégante. Dans le duodénum d'un chien porteur d'une fistule pancréatique, on injecte une solution faible d'acide chlorhydrique. Le suc pancréatique vient sourdre à l'orifice fistulaire. Peu après le début de cette réaction, on prélève au chien en expérience une certaine quantité de sang, qu'on transfuse à un second chien : une forte sécrétion pancréatique s'établit bientôt chez ce dernier. L'excitation sécrétoire ne peut ici provenir que de la sécrétine contenue dans le sang transfusé. Le fait semble donc bien clair.

S'ensuit-il pourtant que les sécrétions pancréatique et biliaire se produisent *exclusivement* par voie humorale, nullement par voie réflexe ; que par conséquent l'opinion de Pawlow soit totalement erronée ? Pareille affirmation déborderait notablement les prémisses expérimentales ; même, n'en déplaise à plusieurs physiologistes, cet exclusivisme semble condamné par l'expérience suivante, dont nous empruntons l'exposé à Hédon (1904). " La sécrétion pancréatique s'établit encore, lorsqu'on injecte l'acide

(1) C. R. Soc., Biol., 1902, p. 620.
(2) Ibid., 1903.
(3) Journal of Physiology, t. 28, p. 325.
(4) Bulletin Ac. roy. de Belgique, Cl. d. Sc., 1902, p. 945, et 1903, pp. 757-791.

dans une anse intestinale isolée, à connexions nerveuses intactes, mais dont on dérive le sang veineux à l'extérieur, de manière que la sécrétine ne puisse pas se déverser dans le torrent circulatoire. „ Il est donc probable que les deux processus — réflexe et humoral — coexistent et s'enchevêtrent dans l'acte physiologique complexe de la sécrétion.

Régulation qualitative de la sécrétion pancréatique. — Mais à tout le moins le second fait signalé par Pawlow, l'*adaptation* des sécrétions digestives à la composition des aliments ingérés, pouvait-il s'expliquer en dehors d'une influence nerveuse ? En particulier, la régulation, non plus seulement quantitative, mais *qualitative*, de la sécrétion pancréatique, n'indiquait-elle pas une réactivité spéciale des terminaisons nerveuses de la muqueuse intestinale ? C'est ce que pensaient Pawlow et plusieurs de ses élèves : Vasilieff (1), Jablonsky (2), Walther (3). Les tables d'observations qu'ils publièrent soulèvent pourtant une objection ; c'est que l'adaptation qu'elles révèlent est fort imparfaite, bien qu'on ne puisse nier une variation dans les proportions des divers ferments pancréatiques consécutive à l'établissement d'un nouveau régime alimentaire. Popielski (4), en 1903, porte le scepticisme plus loin et se refuse à reconnaître une adaptation véritable du suc pancréatique à la nature chimique des substances en digestion ; les variations observées sont réelles, mais tiennent à d'autres causes.

Il existe cependant un cas bien net d'adaptation du suc pancréatique à la composition chimique de l'aliment ; et il a suggéré à Bayliss et Starling une jolie série d'expériences. Fischer et Niebel (1895) (5), Portier (1898) (6) avaient constaté l'inactivité complète de l'extrait aqueux de pancréas vis-à-vis du lactose. En 1899, Weinland (7) confirma cette observation pour ce qui concernait les animaux soumis à une alimentation d'où le lait était proscrit ; mais il trouva que l'extrait pancréatique d'animaux nourris au moyen de lait, additionné parfois de lactose, contenait une proportion considérable de *lactase*, ferment inversif du sucre

(1) Arch. des Sc. biol. St. Pétersburg, 1893.
(2) Ibid., 1896.
(3) Ibid., 1899.
(4) Centralblatt für Physiol., 1903.
(5) Sitzungsber. K. Preuss. Akad. Wiss., 1895, p. 73.
(6) C. R. Soc. Biol., 1898, p. 387.
(7) Zeitschrift für Biol., t. 38, 1899 et t. 40, 1900.

lactose. La présence d'une lactase dans le suc pancréatique était donc bien réellement déterminée par l'ingestion de lactose en plus ou moins grande quantité.

Quel était le mécanisme de cette adaptation ? Bayliss et Starling tentèrent de l'analyser. Diverses hypothèses explicatives se trouvèrent successivement éliminées. Ainsi, l'on pouvait supposer que la production de lactase par le pancréas était due à la présence, dans le sang, du lactose absorbé au niveau de l'intestin grêle : cette supposition fut écartée par l'inefficacité constatée d'injections intraveineuses de lactose. Mais la muqueuse intestinale elle-même contient toujours une certaine proportion de lactase opérant dans le duodénum l'inversion d'une certaine quantité de sucre lactose ; d'où une double possibilité : la lactase pancréatique pouvait être sécrétée sous l'influence des premiers produits d'inversion, entraînés par le sang jusqu'au pancréas ; elle pouvait aussi n'être que la réapparition de la lactase intestinale, émise en plus grande abondance et partiellement résorbée. L'expérience vint infirmer à la fois ces deux hypothèses. En effet, l'injection de galactose pas plus que l'injection d'une solution très riche en lactase ne fit apparaître la moindre trace de ce ferment dans le suc pancréatique. Restait l'hypothèse d'une régulation purement nerveuse, au sens de Pawlow ; encore une fois, l'expérience s'y montra défavorable. Car d'abord cette influence nerveuse s'accordait malaisément avec la lenteur extrême de la réaction pancréatique : plus d'une heure après injection de lactose dans le duodénum, la lactase n'apparaissait pas encore dans le suc pancréatique. Mais voici qui trancha la question. L'injection intraveineuse ou sous-cutanée d'un extrait, obtenu par macération de l'intestin grêle d'un chien alimenté au lait, provoqua, chez un chien nourri de biscuit, l'apparition du ferment inversif dans le suc pancréatique. Bayliss et Starling reproduisirent huit fois cette expérience avec un succès constant. Elle entraînait une conséquence bien nette : c'est que la formation de lactase dans le pancréas pouvait se produire, indépendamment de toute irritation des terminaisons nerveuses de la muqueuse intestinale, sous l'action d'une " *substance x* " apparaissant dans cette muqueuse à la suite d'une alimentation riche en lactose. Il était naturel de rapprocher cette " substance x " de la sécrétine, de la considérer comme une sécrétine spéciale qui devrait ses propriétés nouvelles à l'action du lactose sur la muqueuse duodénale. Malheureusement, la sécrétine résiste à l'ébullition — qui intervient d'ailleurs dans son procédé de préparation — tandis que la " substance x " est détruite ou du moins

devient inactive par l'ébullition. Il semble donc que cette " substance " soit quelque chose de distinct de la sécrétine, quelque chose qui viendrait, à l'action excito-sécrétoire de celle-ci, ajouter une influence spécificatrice. On pourrait se demander, avec les auteurs anglais, si les variations qui se produisent dans les proportions des trois principaux ferments pancréatiques — trypsine, amylopsine, stéapsine — ne seraient pas réglées par un mécanisme analogue.

Ces recherches ouvrent des voies nouvelles, sans suffire encore à démêler les attributions respectives de la régulation nerveuse et de la régulation chimique dans les processus sécrétoires. Le progrès scientifique se fait par oscillations successives : hier toute régulation était nerveuse, maintenant la vogue passe au chimisme. L'avenir dira peut-être si l'adage " in medio stat virtus " trouve ici son application.

Sapocrinine. — La sécrétine de Bayliss et Starling est obtenue à la suite d'une injection d'acide chlorhydrique dans la première portion de l'intestin grêle. Or, au témoignage de Babkine, l'introduction de *savons alcalins* dans le duodénum provoque elle aussi une abondante sécrétion pancréatique. Ce phénomène fut étudié de plus près par Fleig (1903) (1), qui le trouva absolument parallèle à celui qu'avaient décrit Bayliss et Starling : le suc pancréatique obtenu était identique au suc de sécrétine ; sa sécrétion était provoquée, non par voie réflexe, mais par voie humorale : la substance excito-sécrétoire se formait au niveau de la muqueuse intestinale et, charriée par le sang, allait irriter les cellules sécrétrices du pancréas. Fleig appela cette substance *sapocrinine*, pour la distinguer de la sécrétine qu'il considère comme une *oxycrinine* : leur action physiologique est d'ailleurs identique.

Sécrétion du suc intestinal. — Le *mécanisme* de cette sécrétion laisse encore les physiologistes un peu perplexes. Pour les uns, elle ne s'établit que sous une excitation locale, jamais à distance du segment irrité ; pour d'autres, l'excitation est transmise, par voie nerveuse ou autrement, à des éléments glandulaires éloignés. Delezenne et Frouin (2) ont apporté récemment de précieux éclaircissements à la question. Tout d'abord, la

(1) Journal de Physiol. etc., 1904, 14 janv,
(2) C. R. Soc. Biol., 1904, 20 févr.

divergence de vues des divers expérimentateurs s'explique fort naturellement par le fait constaté, que l'influence à distance ne s'exerce que dans le duodénum et dans la première portion du jéjunum, mais non plus au delà. Selon le segment d'intestin grêle qu'avaient isolé et observé ces auteurs, leur conclusion, relativement à l'influence à distance, fut affirmative ou négative. Ainsi donc, *dans tout le segment supérieur* de l'intestin grêle, une excitation locale détermine une réaction glandulaire étendue. Par quel mécanisme ? Action réflexe ou bien action humorale ? Delezenne et Frouin démontrèrent par d'ingénieuses expériences (rappelant celles que nous avons signalées plus haut) que la sécrétion du suc entérique dans le segment duodénal et jéjunal supérieur était provoquée par *une sécrétine* élaborée dans la muqueuse duodénale au contact du chyme acide. Rien ne différenciant cette sécrétine de celle de Bayliss et Starling, on peut admettre, d'une manière générale, qu'au passage du chyme dans l'intestin, un seul et même excitant sécrétoire s'élabore au sein de la muqueuse duodénale et se distribue par voie sanguine aux trois systèmes glandulaires dont la mise en activité importe, pour l'heure, à la digestion normale : le pancréas, le foie et les glandes de Lieberkühn.

Il convient de ne pas oublier que les expériences établissant le fait d'une action sécrétoire humorale n'excluent en aucune façon — dans le cas de l'intestin pas plus que dans le cas du foie ou du pancréas — la possibilité d'une action réflexe juxtaposée à la première.

Entérokinase. — On sait que le suc pancréatique contient, entre autres ferments, celui que l'on a nommé la *trypsine* et qui a fonction de solubiliser les albumines. Or, le suc pancréatique, tel qu'il sort de la glande, est inactif vis-à-vis des albumines : on admet qu'il ne contient encore qu'une *protrypsine*, un *trypsinogène*, qui se transformera en ferment actif sous l'action de diverses circonstances réalisées dans le duodénum. L'école de Pawlow montra que l'agent de cette transformation était un élément, de l'ordre des ferments, contenu dans le suc intestinal : cet élément reçut le nom d'*entérokinase*. Des *kinases* ayant une action identique furent d'ailleurs trouvées par Delezenne dans les leucocytes, chez certaines bactéries, certains champignons, etc. Que l'entérokinase transforme le trypsinogène en trypsine active, comme le pense Pawlow, ou bien, comme le croit Delezenne, se fixe sur l'albumine pour la *sensibiliser* à l'action de la

trypsine, le résultat pratique est le même, c'est de rendre actif sur l'albumine le suc pancréatique. Or, sur la foi d'un passage — mal interprété — de Heidenhain, on avait cru jusqu'ici que la collation d'activité au suc pancréatique pouvait s'opérer tout aussi bien, sans entérokinase, sous la seule influence des acides dilués ; que, par conséquent, dans la digestion ordinaire, elle était doublement assurée par l'intervention du suc entérique et du chyme acide venant de l'estomac. Encore une conception à réformer, si toutefois nous pouvons nous en rapporter à un mémoire récent de Hekma (de Groninghe) (1) : l'action des acides ne confère au suc pancréatique aucune activité zymotique ; si la protrypsine devient active, *elle le doit toujours à une kinase*, et normalement, à l'entérokinase du suc intestinal.

Kinases artificielles. — Quiconque s'intéresse au progrès de la physiologie générale aura sans doute remarqué toute une série de travaux récents sur les propriétés des solutions colloïdales. Nous y reviendrons, s'il y a lieu, dans des numéros ultérieurs de cette Revue. On nous permettra cependant de signaler dès maintenant, en deux mots, un des aspects plus rigoureusement biologiques de ces importantes recherches. Comme l'écrivait, il y a peu de temps, Victor Henri, elles " nous font entrevoir que les phénomènes d'agglutination et d'hémolyse, que l'action des toxines, des antitoxines et des venins doivent se ramener à des actions de colloïdes organiques „ (2). Cette vue théorique vient de trouver, grâce à Larguier des Bancels, une réalisation partielle. Appliquant au suc pancréatique et à l'albumine les conséquences de ses recherches antérieures relatives à " l'influence des électrolytes sur l'action réciproque de divers colloïdes „, il créa pour ainsi dire la kinase artificielle, c'est-à-dire qu'il put, par une série de moyens purement physico-chimiques et d'ailleurs excessivement simples, rendre actif sur l'albumine le suc pancréatique inactif (3). Voilà encore un mode d'activité soustrait à l'empire direct et exclusif de la vie.

(1) Journ. de Physiol. etc., t. 6, nº 1, p. 25.

(2) *Le Rôle des colloïdes en Biologie*, Rev. gén. des Sc., 1905, p. 640.

(3) Nous nous permettons de signaler encore deux communications qui nous parviennent au dernier moment : C. Delezenne, *Activation du suc pancréatique par les sels de calcium*. C. R. Acad. Sc. Paris, 15 nov. 1905 et C. R. Soc. de Biol., 18 nov. 1905. — Id., *Sur le rôle des sels de calcium dans l'activation du suc pancréatique. Spécificité du calcium*. C. R. Acad. Sc. Paris, 27 nov. 1905 et C. R. Soc. de Biol., 25 nov. 1905. —

Suppression fonctionnelle du pancréas. — Le suc pancréatique étant le principal agent de la digestion normale, on conçoit que sa suppression doive amener des troubles considérables dans la nutrition. Il semblerait cependant qu'on les a un peu exagérés, et que le pancréas puisse être jusqu'à un certain point *suppléé* par les autres glandes digestives. C'est une des conclusions d'un récent travail de E. Zunz et L. Mayer, qui font bien ressortir cette nouvelle application de la loi si intéressante des suppléances organiques. " La suppression fonctionnelle du pancréas, écrivent-ils, au moins *en tant que producteur du suc pancréatique*, n'a qu'un retentissement minime sur l'état général des animaux opérés, grâce au système habituel de *compensation* (1). „ En effet, la ligature des canaux pancréatiques provoque une intervention beaucoup plus large du suc gastrique d'une part, d'autre part de l'érepsine et des autres ferments intestinaux.

Cette rapide revue de quelques travaux récents suffira sans doute à faire saisir le progrès constant qu'a réalisé, même après les recherches de Pawlow, le chapitre du mécanisme des sécrétions digestives. Ici comme ailleurs, les faits nouveaux ont suscité de nouveaux problèmes, et la question n'est point épuisée, tant s'en faut.

J. M., S. J.

Comme on le sait, le suc de sécrétine est, de soi, inactif. M. Delezenne le rend actif par simple addition d'un sel soluble de calcium. L'action du sel calcique serait-elle donc identique à celle de la *kinase ?* Non ; car le suc pancréatique filtré sur paroi de collodion, n'est plus activable par les sels de Ca, mais bien encore par la kinase proprement dite. Le filtre sépare donc une substance, qui, ajoutée à un sel de Ca, semble douée des mêmes propriétés que la kinase. L'auteur émet, sous toutes réserves, l'hypothèse que les sels de calcium interviendraient dans la formation même de la kinase, par leur action sur une " substance-mère „ commune à tous les sucs inactifs. On serait en présence d'un " processus plus ou moins analogue à celui de la formation du fibrin-ferment „.

(1) *Recherches sur la digestion de la viande chez le chien après ligature des canaux pancréatiques.* Mém. Acad. roy. de Médec. de Belgique, 1904 Collect. in-8o, t. 18. — Sur les effets de la ligature des canaux pancréatiques chez le chien. Bull. Acad. roy. de Médec. de Belgique. 4e série, t. 19, no 8, 1905.

AGRICULTURE

—

L'année 1905 marquera dans l'histoire de l'agriculture en Belgique par les orages répétés et meurtriers qui ont ravagé les récoltes et les fermes sur divers points du pays, et par les nombreux congrès internationaux, tenus à Liège dans le courant de l'été, et dans lesquels les délégués étrangers ont rendu un éclatant et légitime hommage au ministère qui a su transformer, en moins de vingt ans, l'économie rurale de la Belgique par ses réformes scientifiques et économiques. C'est la province de Luxembourg qui a su profiter le plus rapidement des mesures prises par le ministère de l'Agriculture et cela grâce aux hommes de dévouement qui, par leur tact, leur énergie et leur connaissance des besoins de leur contrée, ont su mettre à profit l'enseignement agricole. Cet enseignement a été instauré par M. Proost, le dévoué directeur général de l'Agriculture, qui était à cette époque inspecteur de l'Agriculture. Malgré toutes les difficultés inhérentes à ces réformes, il a su créer de toutes pièces un service dont on admire l'organisation à l'étranger. Parmi les hommes qui, sur place, ont secondé ce grand initiateur, nous devons citer M. Bradffort qui a succédé à M. Proost dans l'Administration.

Voulant donner la plus grande propagande possible aux nouveautés scientifiques, le ministère a publié au cours de cette année plusieurs tracts, qui ont été distribués gratuitement aux cultivateurs. Ceux publiés en 1905 traitent les questions suivantes :

Le tract n° 26 s'occupe de l'*exploitation de la volaille* et met en lumière le rôle économique de l'agriculture en Belgique. Il nous apprend qu'au seul point de vue des œufs, notre production est inférieure à la consommation de 70 millions de pièces. Il n'est certes pas impossible de combler ce déficit, car l'exploitation de la volaille est encore susceptible de grands développements. Cette industrie, bien entendue, est d'un grand rapport, contrairement à ce que l'on croit parfois encore dans nos campagnes.

Pour ce qui concerne la race de poule à choisir, on est généralement d'avis qu'il convient de s'en tenir aux races locales, car l'introduction de poules étrangères, et surtout de poules italiennes, présente trop d'inconvénients, notamment au point de vue de l'hygiène.

On préconise d'appliquer aux volailles les procédés de sélection employés pour les autres animaux de la ferme, car les lois de l'hérédité sont les mêmes pour les oiseaux que pour le bétail.

Ce tract n° 26 traite, en outre, de l'incubation et de l'élevage ainsi que de l'alimentation de la poule pondeuse. Des règles d'hygiène y sont bien développées en même temps que les moyens propres à prévenir le choléra des poules qui fait de si grands ravages dans nos poulaillers.

Le tract n° 27 nous initie à l'organisation des écoles ménagères agricoles et des succès que ces dernières ont obtenus. On a exposé dans la deuxième section du Congrès de Liége des graphiques montrant la marche ascendante de ces écoles; au début, les cultivateurs ne voulaient pas entendre parler de cet enseignement, on ne discute plus aujourd'hui les bienfaits que ces écoles rendent à la classe agricole; cet enseignement est très estimé et les cours sont suivis avec goût et entrain par un grand nombre d'élèves.

Le tract n° 28 donne le résumé des essais démonstratifs qui ont été faits sur l'*Alimentation rationnelle du bétail*. Ces essais, au nombre de 150, faits pendant une période de trois années, ont été exécutés sous le contrôle des agronomes de l'État.

De l'examen des chiffres on déduit que le bénéfice net, réalisé par vache et par jour, a été de 27 centimes, abstraction faite de l'amélioration apportée au fumier de ferme et de l'augmentation en poids des animaux. Si l'on admet qu'il y a environ 160 jours d'alimentation à l'étable, chaque année, l'application des règles de l'alimentation rationnelle procure, en bénéfice net, plus de 43 francs par tête.

Le tract n° 28 donne encore quelques conseils des plus utiles sur le rationnement et l'achat des aliments; il met l'agriculteur en garde contre la fraude, car les aliments ne sont pas toujours de toute pureté. Bien avisés sont les cultivateurs qui font leurs achats avec toutes les garanties possibles. Il est vrai que ces analyses sont assez coûteuses; mais les acheteurs peuvent traiter avec les maisons placées sous le contrôle des laboratoires d'analyses de l'État et des laboratoires agréés par l'État. Ces marchands se soumettent à un règlement de contrôle qui donne toute garantie aux cultivateurs.

Le tract n° 29 traite de l'alimentation du cultivateur. L'alimentation rationnelle des animaux domestiques progresse chaque jour, alors qu'en alimentation humaine, les traditions et les habi-

tudes prédominent encore. Les différents aliments y sont décrits avec leur préparation et comment on doit les prendre.

Comme on le constate par l'énumération qui précède, les tracts publiés en 1905 sont d'un grand intérêt pour nos cultivateurs ; nous ne saurions trop engager ces derniers à les lire. Tous les tracts sont mis gratuitement à la disposition des agriculteurs qui en font la demande à l'agronome de l'État de leur circonscription.

Pendant l'année 1905, la commission des laboratoires de l'État et la commission de la carte agronomique ont été réunies sous la présidence de M. le Directeur général Proost. Pour mener ce grand travail à bonne fin, il faut donner à l'étude des sols belges une direction unique. La commission de la carte est composée de divers spécialistes : nous y voyons des agronomes, des climatologistes, des géologues, des botanistes et des chimistes. Il est certain que la nouvelle carte agronomique de la Belgique contribuera singulièrement à stimuler et à orienter les recherches des agronomes et des savants de nos écoles libres et officielles.

La cartographie agraire faite jusqu'à ce jour n'empruntait sa documentation qu'à la chimie. La teneur du sol en principes fertilisants était la seule indication fournie à l'agriculteur ; on ne s'occupait guère de la porosité, de la plasticité, de la dureté, de la ténacité et de la perméabilité des terres. Dans le plan soumis à la commission, toutes ces questions font l'objet d'une étude minutieuse. Les procès-verbaux font ressortir la grande utilité qu'il y a pour l'agriculteur à connaître l'*état physique* de son sol et la météorologie de sa région; parmi les éléments physiques, la connaissance de l'hydrographie est d'une importance capitale. L'eau est, pour nos contrées comme pour les pays chauds, le facteur prépondérant de la production agricole. Nous ne saurions trop féliciter le Gouvernement d'avoir eu l'idée de joindre à la connaissance du sol celle de l'étude physique de la terre. M. Graftiau, Directeur du laboratoire agricole de Louvain, a fait ressortir la haute portée des caractères physiques du sol, dont l'étude a été trop négligée jusqu'à ce jour. La physique agricole, dit-il, est appelée à rendre à l'agriculture des services aussi signalés que la chimie.

Les institutions libres et officielles continuent, par leur zèle et leurs travaux, à justifier l'utilité de leur création. Le cercle d'études des agronomes de l'État et du personnel enseignant des

écoles d'agriculture a collaboré au travail des *tracts* sur le *bail type des diverses régions agricoles* du pays, et aux tracts sur les *méthodes d'appréciation du bétail dans les expertises et les concours agricoles*. Le cercle a émis ses idées pour l'organisation d'essais démonstratifs sur l'alimentation du bétail, l'appréciation des aliments d'après la méthode des unités nutritives, l'ensilage des fourrages verts, la dénomination des constituants des fourrages, etc.

En 1903, ce cercle d'études a organisé un concours de plans de ferme, de façon à créer un type d'exploitation d'étendue moyenne pour chacune des régions du pays.

Le cercle d'études des agronomes de l'État et des professeurs d'agriculture, fondé en février 1901, compte aujourd'hui près de trois cents membres.

Le cercle d'études du personnel enseignant des *écoles ménagères agricoles* et des écoles de *laiterie* a été fondé vers la même époque que le précédent. Ces études se confinent dans les branches qui intéressent spécialement l'éducation de la fermière. Comme le cercle précédent, il publie un bulletin. Cinq numéros ont paru jusqu'à ce jour.

Le cercle a surtout étudié les questions suivantes : Rôle et importance de l'alimentation de l'homme ; méthode à suivre dans l'enseignement de la laiterie ; les vêtements rationnels ; utilité de la fabrication du fromage en Belgique ; la fabrication du pain ; etc.

Le cercle participe chaque année au concours régional, organisé successivement dans les diverses provinces, en exposant les produits fabriqués par les écoles auxquelles appartiennent les maîtresses. A ce jour il compte environ 50 membres.

Dans toute la Belgique les seigles et les froments se présentaient sous le plus bel aspect au mois de juin ; les rendements ont été quelque peu affaiblis par suite de la *verse* survenue en juillet. L'escourgeon d'hiver, qui promettait une belle récolte, a également souffert de la verse sur une grande partie du pays. En général, l'avoine a donné d'assez beaux résultats ; mais, en beaucoup d'endroits, on a eu à combattre les senés (Sanve) par l'emploi du sulfate de fer en dissolution dans de l'eau. Ce produit étant beaucoup demandé, il n'est pas toujours vendu avec la pureté nécessaire ; aussi les agriculteurs doivent-ils exiger, sur facture, la garantie de 95 pour cent de pureté à 75 pour cent de finesse.

Dans la région de Merxplas, les avoines ont eu une levée lente

et irrégulière ; en différents endroits on a dû les remplacer par des cultures de féveroles. La station entomologique de l'État a reconnu qu'elle a été ravagée par la larve de l'*oscinia fritz*.

Les pommes de terre ont eu une levée lente, bien qu'elles aient été plantées dans de bonnes conditions ; elles ont ensuite souffert des gelées nocturnes survenues du 22 au 24 mai, et finalement, les pluies ont occasionné la maladie qui a été combattue en divers endroits par l'emploi de la bouillie bordelaise. En général, on peut dire que, pour la Belgique, la récolte de la pomme de terre a été mauvaise, aussi les prix sont-ils déjà très élevés. Ce qui se vendait 7 francs par 100 kilos en novembre 1904 se vend 13 et 14 francs en novembre 1905.

Les betteraves à sucre ont été favorisées dans leur croissance par les pluies chaudes de juin, les sarclages et binages ont été quelque peu contrariés par l'humidité ; toutefois, elles ont donné de beaux rendements tant en poids qu'en richesse.

Les lins ont eu une croissance normale et leurs rendements ont été assez rémunérateurs. On a essayé sur le lin le sulfate de fer pour détruire les senés, mais on a trouvé que cette récolte en souffre ; il est probable qu'il serait nécessaire, avant de faire l'aspersion, que la plante ait atteint la hauteur de 10 centimètres.

Les prairies ont souffert dès le début de l'année, elles ne se sont mises que tardivement en végétation à cause du temps froid d'avril ; malgré ce retard, elles ont donné un foin assez abondant mais le fanage a été contrarié par les pluies.

Comme les prairies, les trèfles et luzernes se sont mis tardivement en végétation par suite des froids du mois d'avril ; mais ensuite, le temps leur ayant été propice, ils ont donné un produit assez abondant.

Les pâtures ont fourni une herbe abondante. L'engraissement des bêtes en a été très favorisé.

Les houblons se sont développés normalement, les plantes ont été saines et vigoureuses ; aussi les rendements sont-ils satisfaisants. Dans le Brabant, les houblonnières ont été quelque peu attaquées par les pucerons.

Sauf les pommes de terre, on peut dire que, pour 1905, toutes les récoltes ont donné des rendements satisfaisants ; quant aux arbres fruitiers, ils ont souffert des pluies du printemps et des gelées survenues dans la seconde quinzaine de mai. La récolte en fruits n'a pas été abondante, elle a été nulle dans certaines régions.

Pendant l'année 1905, de nombreux congrès internationaux d'agriculture ont été réunis à Liége.

Ces congrès, comme l'ont constaté les journaux de Liége, sans distinction de parti, ont obtenu un succès inattendu. Tous les pays d'Europe et les États-Unis y étaient représentés.

Dans un discours d'une très haute portée, M. Henri Delvaux, député du Luxembourg, a retracé les progrès accomplis dans l'ordre économique par l'enseignement agricole, particulièrement en Belgique, sous la haute direction de M. Proost.

Aussitôt après ce discours, le Congrès de l'enseignement agricole a commencé la discussion en sections, discussion très nourrie et qui a abouti à des vœux qui, nous l'espérons, ne resteront pas stériles, notamment en ce qui concerne les méthodes d'enseignement.

La 3e section du Congrès a insisté sur l'enseignement agricole professionnel populaire qui s'adresse aux filles et aux fils des petits cultivateurs. Au Congrès international de Lausanne, en 1898, M. le professeur Proost avait déjà fait ressortir le vice des anciennes méthodes pédagogiques, toujours en usage, et, particulièrement, la surcharge des programmes de l'enseignement primaire, qui devrait être orienté, à la campagne, vers la profession de cultivateur.

On devrait se borner à apprendre à lire, à écrire, à calculer et pour le surplus, à faire des excursions, à établir des jardins d'expériences, qui permettraient d'enseigner d'une façon intuitive les principales applications des sciences naturelles à l'agriculture. Ainsi on donnerait un enseignement utile, pratique, que l'on pourrait développer dans les écoles d'adultes, dans les cours du soir, donnés par des instituteurs ou des agronomes. Nous ne saurions trop applaudir à ces vœux, car la surcharge actuelle des programmes, loin de favoriser le progrès de l'enseignement primaire, *multiplie le nombre des illettrés dans nos campagnes, ce que démontre l'examen de nos miliciens.*

Les membres étrangers du Congrès se sont plus, d'ailleurs, à reconnaître les merveilleux progrès réalisés dans l'enseignement professionnel agricole qui, en moins de quinze ans, a transformé notre économie rurale. Ainsi que le rappelait M. Kleyer, bourgmestre de Liége, lors de la réception des congressistes à l'hôtel de ville, M. Rnau, ministre de l'Agriculture en France, a déclaré, lors de la visite au pavillon de l'Agriculture et aux écoles ménagères agricoles, que " notre enseignement agricole faisait l'objet

de son admiration, *et dépassait de loin ce qui se fait dans les autres pays* „.

Le Congrès de l'enseignement a été suivi du Congrès de l'alimentation du bétail, où nos agronomes et professeurs ont discuté brillamment, dans la 1re section, les problèmes de la production du lait, de la graisse, de la viande et du travail mécanique. Le rôle du sucre, comme aliment producteur de la chaleur et de la force, a été particulièrement mis en lumière dans la 2me section. Dans la 3me section, composée en majeure partie de professeurs de l'enseignement supérieur et présidée par M. Leplae, de l'Institut agronomique de Louvain, on a discuté à fond la réforme de l'enseignement supérieur, qui verse encore dans les mêmes errements que l'enseignement primaire, au point de vue de l'abus de la mémoire et de l'insuffisance du développement de la raison (Voir plus loin, *3me section, rapport de M. Frateur).*

Le Congrès international de mécanique s'est tenu ensuite à l'Université de Liége, sous la présidence d'honneur de M. le Baron Vander Bruggen, ministre de l'Agriculture.

En ouvrant la séance, M. de Hemricourt de Grünne insiste sur l'importance de ce Congrès : la situation faite aux campagnes par l'émigration des ouvriers vers la ville, par la cherté de la main-d'œuvre et par la concurrence étrangère, est intolérable. Le principal remède à cette situation réside dans le perfectionnement et le développement du machinisme (1). Au Congrès de l'alimentation des animaux domestiques, on a présenté un rapport très intéressant, traitant de l'influence des aliments sucrés sur la digestibilité de la ration du cheval. Une discussion des plus instructives s'engage à ce sujet. L'emploi des phosphates dans l'alimentation animale a soulevé également un débat très intéressant, d'où il résulte que l'emploi des engrais phosphatés et calcaires constitue la meilleure méthode pour introduire les sels minéraux dans la nutrition. Quant à l'emploi direct des matières minérales dans l'alimentation, le Congrès émet le vœu de voir entreprendre des expériences en vue de fixer l'éleveur sur l'effet à obtenir. Elles devraient porter sur l'assimilation de l'acide phosphorique et de la chaux, ces éléments étant considérés isolément (2).

(1) *La Surproduction industrielle et le retour à la terre*, par S. Méline. Paris, Hachette, 1905.

(2) Ces recherches feront l'objet des analyses des laboratoires de l'État, réorganisés suivant les vœux de la Commission dont nous avons parlé plus haut.

L'assemblée estime que le meilleur moyen de procurer une alimentation phosphatée aux animaux de la ferme, c'est l'incorporation au sol d'engrais calcaires et phosphatés ; chaque pays, possédant son institut, doit résoudre les questions d'alimentation du bétail, dont plusieurs ne peuvent être étudiées à la ferme.

Dans la 2e section, où la question de l'abreuvement de nos animaux a été traitée par M. Paul Wéry, on a reconnu la nécessité de répandre parmi les cultivateurs des notions d'hygiène, spécialement en ce qui concerne les eaux dont ils abreuvent les animaux. On a demandé de voir établir dans les communes des abreuvoirs publics bien surveillés et dont l'eau de bonne qualité se renouvelle, là où il n'y a pas moyen d'établir un abreuvoir dans chaque exploitation. Il serait souhaitable de voir supprimer l'usage des abreuvoirs exposés aux infiltrations des purins, fumiers, etc., et d'interdire l'usage des mares stagnantes, où les animaux puisent des germes infectieux avec l'eau des boissons.

On désire voir se propager, dans les exploitations agricoles, l'usage des fontaines jaillissantes tombant d'une certaine hauteur dans un réservoir d'où l'eau puisse s'écouler constamment, de sorte que, suffisamment aérée et perpétuellement renouvelée, cette eau présente, tant en été qu'en hiver, toutes les conditions de composition et de température désirables.

Cette section demande que des observations nombreuses soient faites pour déterminer les meilleures méthodes de recherches sur la qualité des eaux et qu'une commission internationale soit nommée à cet effet.

On décide qu'il y a lieu de généraliser, par tous les moyens possibles, les *Concours d'étables*, qui promettent des progrès importants et immédiats au point de vue de l'assainissement des locaux de logement. Le Congrès émet le vœu qu'à côté de ce concours, il en soit organisé un autre ayant pour objet l'appréciation des qualités présentées par le bétail de l'exploitation.

Enfin, le Congrès étudie les moyens prophylactiques, préconisés dans la lutte contre la tuberculose : il importe de préserver les veaux contre la contagion en les éloignant de l'étable, immédiatement après la naissance ; de ne pas abreuver les veaux dans les mêmes seaux qui servent à la traite des vaches, et de prendre soin par une des méthodes suivantes que le lait, donné aux veaux, soit exempt de bacilles de Koch : *a)* Faire bouillir ou chauffer le lait jusqu'à la température voulue, après le troisième jour. *b)* Se servir du lait provenant de nourrices examinées à fond par un vétérinaire et reconnues entièrement saines.

Poursuivant ses vœux, le Congrès demande de faire paître, dans les pâtures, les veaux à l'écart des vaches; de faire examiner dans un laboratoire de bactériologie le lait et les matières pathologiques provenant des vaches suspectes de tuberculose, et de fonder à cet effet, dans chaque pays, un ou plusieurs laboratoires spéciaux où l'on ferait gratuitement des recherches bactériologiques à l'usage des vétérinaires et des éleveurs de bétail; d'exproprier et d'abattre, comme en Hollande, les bêtes (les veaux aussi) souffrant de la tuberculose clinique ou de la tuberculose ouverte, démontrée par l'examen bactériologique, et les bêtes suspectes de tuberculose clinique, chez qui la réaction de la tuberculination est positive; de tuberculiner tous les jeunes veaux de un à deux mois et, tous les six mois, le troupeau sain.

A la 3e section, il a été dit que le cheval supporte sans accident les doses de mélasse dont on est en droit d'attendre la plus haute productivité et le meilleur effet sur la santé. Considérant que l'alimentation rationnelle est un des facteurs principaux de l'alimentation des animaux domestiques et souvent aussi un des moyens préventifs contre les maladies et spécialement contre la tuberculose, la section estime qu'il est éminemment désirable de multiplier les essais sur l'alimentation ; organisés sous la direction de spécialistes, ces essais contribueraient beaucoup à vulgariser les principes de l'alimentation rationnelle.

Pour préparer les éléments de vulgarisation rationnelle de l'avenir, il y aurait lieu d'organiser, dans chaque pays, des essais pratiques d'alimentation *adaptés aux conditions spéciales de chaque région* et exécutés dans des établissements présentant les garanties nécessaires de bonne exécution des essais (1).

A la suite du rapport de M. Frateur à la 3e section, une discussion très intéressante s'est engagée, au cours de laquelle M. Proost a insisté sur la nécessité d'exiger des professeurs de l'enseignement supérieur de l'agriculture un enseignement synthétique qui s'adresse moins à la mémoire qu'à la faculté d'observation et au jugement. Le vice de nos méthodes pédagogiques consiste à surcharger la mémoire par des leçons interminables qui paralysent l'intelligence en la gavant outre mesure, et en ne laissant pas à l'étudiant le temps de penser.

La section de l'enseignement émet le vœu : 1° De voir créer dans les Écoles supérieures d'agriculture une chaire spéciale

(1) Ce qui justifie le maintien des laboratoires agricoles dans les diverses régions agricoles de la Belgique.

d'alimentation rationnelle du bétail ; 2° de voir affecter à cette chaire, non seulement un laboratoire de démonstration, mais encore un laboratoire de recherches et de lui affecter le matériel et les ressources nécessaires ; 3° de voir accorder aux exercices pratiques d'alimentation une importance suffisante.

On prend en considération les conclusions du rapport de M. Grégoire : 1° Il est de l'intérêt de l'agriculture de voir établir le contrôle de la production individuelle des vaches ; 2° A cette fin, il serait désirable d'établir entre les cultivateurs des sociétés de contrôle ; 3° Il serait souhaitable que les pouvoirs publics encourageassent ce contrôle par tous les moyens et, notamment, en plaçant à la disposition des cultivateurs et des sociétés, des conseillers compétents.

On le voit, l'année 1905 a été fertile en enseignements agricoles. Les praticiens et les spécialistes trouveront dans les procès-verbaux des Congrès les renseignements les plus utiles.

AUGUSTE FRANÇOIS.

NÉCROLOGIE

La Société scientifique a perdu, le 3 décembre dernier, un de ses membres les plus éminents et de ses patrons les plus dévoués dans la personne de M. Gustave Dewalque, de l'Académie royale de Belgique, professeur à l'Université de Liège. M. G. Dewalque était né à Stavelot, le 2 décembre 1826 ; il faisait partie de notre Société depuis 1880 ; il dirigea ses travaux, en qualité de président, en 1884-1885, et, pendant de longues années, fit partie de son conseil général.

La REVUE publiera plus tard une notice sur les travaux de notre savant et regretté confrère.

J. T.

LE CENTENAIRE DE LE PLAY

« Je n'ai pas réalisé l'œuvre dont j'avais conçu la pensée (1). » C'est ainsi, qu'au terme d'une laborieuse carrière de plus de quarante années, Le Play appréciait, non sans mélancolie, le rôle qu'il avait joué. L'histoire n'a point ratifié le jugement trop modeste que le Maître portait sur lui-même, et voici que l'œuvre de Le Play est populaire. Dans le recul des années, elle apparaît plus grande au fur et à mesure que les circonstances permettent de mieux apprécier son influence, ou donnent à sa méthode sociale des applications nouvelles.

Le Play n'est pas l'homme d'un pays. Il appartient à tous ceux qui, dans le monde entier, travaillent à la réalisation des réformes sociales.

C'est pour cette raison qu'à l'heure où la France s'apprête à célébrer, dans des fêtes grandioses, le centenaire du grand économiste, nous avons cru que la Belgique, qui, plus peut-être que toute autre nation, est tributaire de l'École de la réforme sociale, devait joindre sa voix à ce concert d'éloges.

Et si tous doivent célébrer la mémoire du savant, la Revue des Questions scientifiques est particulièrement bien placée pour saluer le savant chrétien.

« Le bienfait de la paix sociale s'est trouvé réalisé dans tous les temps, en tous les lieux, pour toutes les races,

(1) Lettre écrite cinq mois avant sa mort. — E. de Curzac : *Frédéric Le Play, sa méthode, sa doctrine, son œuvre, son esprit*, p. 1.

à certaines conditions toujours les mêmes, qui reposent invariablement sur l'observation de la morale formulée dans le Décalogue (1). »

Telle est la conclusion que le simple examen des faits devait amener chez Le Play, après vingt ans de voyages qui le conduisirent du nord de la Norvège au sud de l'Espagne, et des montagnes de l'Écosse aux steppes de la Sibérie.

C'est au cours de ces explorations, faites à pied le plus souvent, que Le Play fit les premières applications de sa méthode nouvelle d'observation. Elle porte, avant tout, sur la situation des familles, car « le problème de la paix a toujours le même objet : empêcher les individus de céder aux tendances qui les portent à répandre autour d'eux le désordre. Il est résolu en grande partie pour le corps social, s'il l'est pour la famille (2). »

Mais pour pouvoir apprécier exactement l'état d'une civilisation, les monographies de famille ne suffisent pas. Le Play complétait cette étude par l'examen de l'organisation communale et du système politique du pays qu'il voulait connaître. Son souci de l'exactitude allait plus loin encore : les premiers résultats une fois acquis, il recherchait, dans chaque nation, quelques personnes qui, mieux que d'autres, lui semblaient avoir conservé intact le dépôt des coutumes et des traditions populaires. Il soumettait son travail au contrôle sévère de ceux qu'il appelle les « autorités sociales ».

La publication de ces admirables enquêtes eut un grand retentissement. Des côtés les plus différents, depuis Louis Blanc, Sainte-Beuve et Arago jusqu'à Thiers et Montalembert (3), les encouragements et les félicitations arrivèrent à l'auteur. Et cependant, dans les *Ouvriers européens*, Le Play s'insurge contre toutes les idées en

(1) La Réforme Sociale, 15 juillet 1885, p. 607.

(2) *Ouvriers européens*, t. Ier, p. 212.

(3) V. Victor de Clerc : *Les Doctrines sociales catholiques en France*, t. II, p. 30, et E. de Curzac, *ouvrage cité*.

vogue à cette époque, il brise avec les traditions fidèlement conservées de la Révolution française et, détruisant à jamais le prestige des théories aprioristes, il introduit le « réalisme » dans les études sociales.

Pour se rendre compte du courage qu'il y avait alors à prendre une semblable attitude, il faut se rappeler le prestige acquis sur les masses par ces « faux dogmes de 1789 » que le Maître ne craignait point de stigmatiser.

Aujourd'hui la cause est entendue. C'est par l'application de ces mêmes méthodes d'observation et d'enquête, que l'on s'efforce un peu partout de porter remède aux maux dont souffre la société.

Là ne s'est point bornée l'influence de Le Play. Non seulement il a créé une méthode, mais il a ramené l'attention sur des problèmes insoupçonnés et méconnus, il a laissé une doctrine.

Sous le Second Empire, la richesse de la nation avait trop longtemps fait oublier les misères d'en bas. Le mérite de Le Play fut de montrer qu'à côté des questions purement économiques, d'autres se dressent non moins impérieuses, plus menaçantes peut-être. Un écrivain de valeur l'a dit : « l'Économie sociale est née en notre siècle des observations et des travaux de M. Le Play » (1).

L'action de Le Play, dans le domaine des doctrines sociales, pour être moins connue peut-être, n'a pas été moins réelle. Nous ne pouvons songer à nous y arrêter longuement ici.

L'étude attentive des phénomènes sociaux l'avait amené à cette conviction qu'il y a des principes immuables sur lesquels la société humaine est assise et dont elle ne peut s'écarter sans souffrir et finalement sans périr (2).

Ces principes, très simples et peu nombreux, forment la Constitution essentielle de l'humanité.

(1) Joseph Rambaud : *Histoire des Doctrines économiques*, l. II, ch. XII, p. 471 : *Le Play et l'École de la Réforme sociale.*

(2) E. de Curzac, *ouvrage cité*, p. 72.

Le Play les résume en ces termes : « Dans les sociétés heureuses, le décalogue et l'autorité paternelle peuvent être assimilés au fondement, la religion et la souveraineté aux ciments qui relient entre eux les matériaux, enfin la propriété sous ses trois formes (communale, familiale, patronale) aux matériaux eux-mêmes, c'est-à-dire à la partie matérielle de la construction (1). »

Religion, famille, propriété, travail, tels sont, d'après Le Play, les fondements essentiels de la société. Selon lui, les maux dont elle souffre aujourd'hui proviennent tous de la violation de l'un de ces principes : la religion n'a plus la place qu'elle devrait occuper ; la famille est désorganisée ; la propriété est dissoute à chaque génération par les partages forcés ; le contrat du travail manque de solidité.

Pour porter remède à cette situation, l'intervention de l'État est nécessaire, mais elle doit être secondée et complétée par l'initiative privée, les associations et le patronage des classes dirigeantes. Le Play insistait tout particulièrement sur cette dernière idée. La responsabilité des grands l'effrayait et il répétait souvent cette phrase d'un pêcheur de la mer Caspienne, qui lui avait dit un jour : « C'est par la tête que pourrit le poisson ».

Sans doute, sur plus d'un point, on peut ne pas admettre ces théories, mais on ne saurait nier l'influence heureuse qu'elles exercèrent sur l'évolution générale des idées à la fin du XIXe siècle. Le Play fut un innovateur par sa méthode, et un précurseur par sa doctrine.

C'est à ces titres divers que la célébration de son centenaire s'imposait à tous, mais nous ne pourrions oublier qu'il fut aussi, à sa manière, un apologiste de nos croyances, dont, mieux que personne, il a montré la nécessité sociale.

C'est sous cet aspect qu'il nous plaît ici de saluer plus spécialement sa mémoire.

A. Beernaert.

(1) *La Constitution essentielle de l'humanité*, p. 87.

LA FONCTION ÉCONOMIQUE DES PORTS

Les préoccupations *réalistes* dominent aujourd'hui la science économique. La raison en est simple : la vérification des doctrines suppose la connaissance des faits.

Rigoureusement pratiquée, la méthode d'observation permet seule de formuler des lois économiques précises et bien établies, comme elle ruine les lois prétendues.

Il est donc désirable d'en généraliser l'application et d'étendre les recherches à toutes les parties de l'économie politique.

L'importance chaque jour croissante des échanges internationaux, la possibilité de mesurer cette importance et cet accroissement par les statistiques du commerce extérieur des différents pays (1) ont suscité en abondance les travaux relatifs à cette branche de la science. Même on vivifie les données de la statistique par l'étude monographique des ports de commerce qui ouvrent les routes de l'océan.

Les enquêtes monographiques sont le complément indispensable des relevés statistiques. Elles sont la méthode même parce qu'elles constituent l'observation directe d'un objet précis, individualisé, saisi dans la complexité de son

(1) Il est bien vrai que ces statistiques sont imparfaites, approximatives. Telles quelles, elles permettent de mesurer les variations du phénomène, parce que les causes d'erreur, et les erreurs dès lors, sont constantes.

organisation, vu à un moment déterminé de son développement.

La gloire de leur avoir donné droit de cité dans l'économie politique revient à un ingénieur du XIXe siècle, Frédéric Le Play. Le Play appliqua la méthode à l'étude des familles ouvrières, mais son procédé fécond est susceptible d'applications infinies, comme en témoigne par exemple l'œuvre historique d'Hippolyte Taine.

Largement comprise, étendue à la recherche des rapports commerciaux multiples dont le port est le centre, la monographie des ports embrasse un ensemble de phénomènes de circulation, ensemble vaste, mais pourtant limité, et se prêtant par là à l'observation méthodique et scientifique.

Le rôle des ports de commerce, c'est évident pour l'observateur même superficiel, pourvu qu'il soit averti, est en rapport avec le développement économique général. L'ère contemporaine est l'ère de la production en grand, obtenue avec le concours de véritables armées ouvrières dirigées elles-mêmes par un état-major technique, au moyen d'énormes capitaux et de machines puissantes. C'est aussi l'ère de l'échange intensif, des marchés mondiaux, de la multiplication des voies de communication, de la construction des navires géants, de l'approfondissement des ports et du perfectionnement de leur outillage.

La fonction du port, permanente par certains côtés, est donc aussi variable dans ses modalités. Puisque le port est l'organe essentiel de l'échange entre nations, il y a un intérêt scientifique de premier ordre à la recherche des caractères constants et des caractères variables de sa fonction, et surtout à la détermination des fonctions constantes, soumises dans leur permanence, comme les fonctions variables dans leur évolution, aux lois fondamentales de l'économie politique.

Il est essentiel de poursuivre une telle enquête avec le

souci de l'objectivité et de l'impartialité. Le parti pris gâterait tout.

Dès lors, rien de tel que l'enquête multiple confiée à plusieurs personnes appartenant à des milieux divers et à des professions différentes, pourvu que les méthodes scientifiques leur soient familières, et qu'elles adoptent un même plan strictement descriptif.

Encouragée par l'essai heureusement tenté lors de la session de 1905, la Ve Section de la Société scientifique a entrepris cette tâche que l'effort individuel, si fécond qu'on le suppose, ne pourrait mener à bien.

Nous publions aujourd'hui la première monographie de cette enquête, celle de trois ports de la Grèce ancienne par M. Henri Francotte (1).

Nous joignons, comme on le voit, l'étude rétrospective à l'observation directe des faits contemporains, avec la conviction que, par l'emploi des méthodes critiques rigoureuses, l'historien peut atteindre la certitude.

ÉDOUARD VAN DER SMISSEN,
Secrétaire de la Ve Section de la Société scientifique.

(1) On trouvera, au compte rendu de la séance du 25 janvier dernier, un exposé préliminaire plus complet, ainsi que l'indication des monographies présentées à la session de Pâques. — ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, trentième année, 2me fascicule.

I

LA FONCTION ÉCONOMIQUE DES PORTS DANS L'ANTIQUITÉ GRECQUE [1]

—

Il y a bien peu de temps que l'on s'occupe de l'histoire économique de l'antiquité. On étudiait les chefs-d'œuvre de son art et de sa littérature ; on réédifiait, vrai tour de force d'érudition et de divination, les institutions politiques de la Cité : on a longtemps oublié que, suivant un mot fameux, la première question de l'histoire est toujours celle de savoir ce que les hommes mangent. Les Grecs ne nous ont laissé sur ce côté de leur vie que peu de renseignements. Ils ont l'air d'avoir été plus désintéressés que nous ; nous nous les représentons volontiers semblables à leurs statues auxquelles les artistes se sont efforcés de donner des poses simples mais majestueuses, ne nous montrant jamais ou bien rarement leurs modèles dans la familiarité des attitudes, dans le laisser-aller de l'existence de chaque jour. L'argent et tout ce qui s'ensuit, nous nous le figurons, était plus indifférent aux Grecs qu'à nous, et cependant, à le bien prendre, il n'y a pas d'histoire, sauf la nôtre peut-être, où les questions économiques et sociales aient tenu plus de place, où elles aient été débattues avec plus d'acharnement et résolues avec plus d'âpreté et de dureté. Mais les intérêts qui séparaient alors les hommes, s'ils les séparaient aussi ardemment qu'aujourd'hui, étaient d'une nature bien

(1) Pour la bibliographie générale, je me permets de renvoyer à mon ouvrage sur l'*Industrie dans la Grèce ancienne*, 2 vol. Bruxelles, 1900 et 1901. Je me bornerai ici à rappeler l'ouvrage capital de Böckh : *Die Staatshaushaltung der Athener*.

différente de ceux qui nous préoccupent. Il importe que je le montre tout d'abord et que je trace ainsi le cadre dans lequel se place mon sujet.

A toutes les époques de l'histoire grecque, la base du régime économique est la terre. C'est elle que, souvent, les partis se disputent. L'opposition des oligarques et des démocrates ne répond pas seulement aux tendances naturelles qui divisent tous les hommes, selon qu'ils tiennent plus ou moins à la tradition ou inclinent aux nouveautés ; c'est le combat des riches et des pauvres, des propriétaires et des non-propriétaires ou, comme dit énergiquement Platon (1), des gras et des maigres.

Par là s'expliquent l'âpreté et la violence des luttes politiques ; elles mettent en présence des idées sans doute, mais surtout des intérêts ! Ce sont des classes et des factions plutôt que des partis qui se rencontrent sur la place publique. Les Grecs continuent à ressembler à leur grand héros, Achille : comme lui, ils combattent pour la satisfaction de se sentir les plus forts, pour la conscience d'être les maîtres, quelque chose qui de loin ressemble à l'honneur ; mais surtout ils combattent pour le butin. Voyez au programme des démocrates les grosses et périlleuses revendications : partage des terres, suppression des dettes, surtout de celles qui grèvent le sol. Voyez, dans l'histoire, ces bannissements en masse, ces confiscations, ces exécutions sanglantes : elles dénouent, par la révolution, des crises politiques qui sont surtout des crises sociales.

Si, à toutes les époques, la terre est la base du régime économique, cette vérité, suivant les cités et les époques, demande à être précisée.

Les poèmes homériques nous dépeignent un régime économique très primitif. Les héros nous initient volontiers au détail de leur fortune ; sans être des parvenus,

(1) *Rep.*, 556 D.

ils se complaisent dans un certain étalage des biens dont les dieux les ont favorisés. On y peut faire deux parts : la principale se compose de la terre et des troupeaux ; l'autre constitue le trésor, des armes, des étoffes, des métaux précieux, du fer. La maison est l'unité économique : les biens s'y produisent et s'y consomment. Le maître préside lui-même à l'exploitation de son domaine. Le travail agricole est hautement en honneur, des fils de rois ne dédaignent pas d'aller faire paître les troupeaux (1). Les travaux domestiques sont dirigés par la mère et par ses filles. Assistées de leurs esclaves, elles tissent les vêtements, elles brodent, et Nausicaa, la fille du roi des Phéniciens, s'en va, joyeusement, avec ses compagnes, laver les vêtements de son père et de ses frères à la rivière (2).

La femme, en Grèce, n'est pas la bête de somme qu'elle est ailleurs, en Orient ; mais par son travail elle s'efforce d'assurer à son mari les loisirs auxquels il a droit. Le chef de famille va à la chasse, mange et boit avec ses amis ; il surveille ses fermiers et ses esclaves ; c'est un grand seigneur qui vit dans ses terres ; mais, au besoin, il met lui-même la main à l'œuvre. L'Odyssée (3) décrit avec complaisance le chef-d'œuvre d'Ulysse, qui, pour fabriquer son lit, s'est fait charpentier, menuisier, orfèvre. Aucune déconsidération ne s'attache encore au travail manuel.

Cependant, la famille, avec ses serviteurs et ses esclaves, ne peut subvenir à tout. Certaines professions exigent des installations et une habileté spéciale ; la première qui se constitue est celle du forgeron. Chez Hésiode (4) encore, la forge est, en hiver, le lieu de rendez-vous des voisins qui devisent entre eux tout en se chauffant. D'autres pro-

(1) *Iliade*, VI, 246 ; XX, 188
(2) *Odyssée*, VI.
(3) XXII, 205.
(4) *Œuvres et jours*, 493.

fessions commencent à devenir indépendantes, à se détacher de l'organisation familiale, comme celle du charpentier ; mais les métiers ne sont pas encore séparés ; le même mot τέκτων (1) désigne le charpentier, le menuisier, le charron, le tailleur de pierres, etc. La présence de ces artisans ne dérange pas l'organisation familiale ; dans beaucoup de maisons, leur concours est inutile et, là où il est demandé, il s'exerce dans des conditions qui laissent intact le type que nous avons décrit ; car, le plus souvent, l'artisan s'en va travailler chez son client et en reçoit la matière première.

La vie est simple ; l'agriculture fournit la nourriture, les vêtements. Quelques échanges d'une maison à l'autre suffisent pour remplir les vides que la production a pu laisser, et assurer à chacun la satisfaction de ses besoins. Le commerce de détail, la boutique, seraient sans clients.

La terre est la grande nourricière, mais parfois la récolte manque ; puis toutes les régions ne sont pas également favorables, par exemple, à la culture de la vigne. Le rôle du commerce commence : à lui de combler ces lacunes.

Puis, certaines matières premières, comme le fer, le cuivre, l'étain, c'est au commerce encore qu'incombe la tâche de les aller chercher aux lieux de production, bien loin parfois.

Et enfin, par ci par là, le luxe a créé des besoins factices, ou aussi de nobles aspirations se sont fait jour. Les rois aiment orner leur palais des produits de l'art ; eux-mêmes, pour se distinguer de la foule de leurs sujets, demandent des armes précieuses. Le goût de la toilette chez les femmes s'est développé : il faut des colliers d'or, des peignes d'ivoire.

Tout à l'origine, un simple commerce d'échanges de peuplade à peuplade a suffi pour faire circuler, parfois

(1) *Iliade*, VI, 315.

d'un monde à l'autre, quelques rares objets, comme peut-être l'ambre ou l'étain. Ces relations des peuples n'ont pas tardé à se régulariser et à se compliquer : les foires se renouvelant à époques périodiques, à l'occasion des grandes fêtes religieuses, à Delphes, à Olympie et ailleurs, permettent aux producteurs et aux consommateurs de se rencontrer.

Peut-être aussi, aux frontières, se tiennent, comme aujourd'hui en Afrique, des marchés où, à la faveur d'une trêve de quelques jours, se pratiquent les échanges.

Enfin, il y a des objets qu'il faut aller offrir aux clients chez eux, comme les objets précieux qui représentent une grande valeur. Cette fois, c'est la tâche spéciale du commerce organisé en profession distincte de toute autre. Chose remarquable, à l'origine, ce sont surtout des Phéniciens qui exercent cette profession. L'Odyssée nous les montre, abordant au port avec leurs riches cargaisons, puis allant tenter les femmes par les magnifiques parures qu'ils étalent, joignant, quand ils le peuvent, la piraterie au commerce (1). La distinction entre ces deux professions ne s'est pas nettement établie : de là le mauvais renom du commerce et la synonymie que les Grecs établissent entre échanger et tromper.

Telle est l'organisation économique primitive : la maison est l'unité dans laquelle les biens se produisent et se consomment. Elle se conserve intacte ou à peu près dans une grande partie de la Grèce.

En quelques cités s'ouvre une nouvelle phase de l'histoire économique ; entre le producteur et le consommateur s'introduisent des intermédiaires qui assurent la circulation des biens, de l'un à l'autre. Ces progrès nous sont attestés de deux façons : directement par ce que nous savons des cités qui les ont accueillis ; indirectement par ce que nous savons de celles qui les ont repoussés. Tandis,

(1) *Odyssée*, XV, 412.

en effet, qu'Athènes ouvre ses portes au commerce et à l'industrie, d'autres cités s'effrayent. Elles voient les nouveautés qui, immédiatement, dérangent le train accoutumé de la vie ; elles devinent celles qui suivront. En effet, le commerce et l'industrie changent les idées, introduisent quelque chose de hardi, d'aventureux. Sur mer, on s'habitue à braver le hasard ou à compter sur lui. Les paysans sont, comme les saisons, réguliers, répétant d'année en année les mêmes travaux, et laissant aller leur vie suivant un cours immuable. Mettez cet esprit nouveau dans la politique ; ajoutez-y la population qui s'accroît, la populace qui apparaît : les vieilles institutions s'en vont avec l'esprit qui les soutenait.

Sparte surtout vit et comprit le danger et, aussitôt, elle fortifia les règles anciennes. Interdiction de faire le commerce, interdiction de voyager, exclusion des étrangers qui pourraient venir donner des exemples fâcheux. Les Spartiates vivent chez eux dans une noble oisiveté : les hilotes cultivent la terre et remettent à leurs maîtres une partie des fruits. Ceux-ci sont consommés dans les repas communs. Aucun travail, aucun souci matériel ne vient distraire le citoyen de ses devoirs envers l'État. Il ressemble à un propriétaire qui vit tranquillement de ses rentes, et la législation a pris soin de les lui assurer, car elle a défendu de vendre le lot de terre, le *klèros*, et a réglé une fois pour toutes sa transmission d'aîné à aîné.

Ailleurs, mêmes précautions pour sauvegarder la perpétuité de la propriété dans la même famille et préserver les particuliers de la ruine et l'État des réformes : par exemple, en Élide, défense d'hypothéquer sa terre. Ailleurs encore, mêmes préventions, mêmes répugnances à l'endroit du travail manuel ; tout est condamné, et la fatigue qu'il impose, et la gêne à laquelle il astreint, et le bénéfice qu'il rapporte : à Thèbes (1), par exemple, les artisans et

(1) Arist. *Polit.* ; VII, (VI) 1321 a.

les marchands sont privés des droits politiques. A Locres, Zaleucus avait décrété, dit-on, qu'il n'y aurait pas de revendeurs, mais que le paysan vendrait lui-même ses produits.

On en reste là dans certaines régions, et si vous considérez la carte de la Grèce, elles la couvrent presque tout entière : tout le Péloponèse, sauf quelques villes comme Corinthe, tout le nord et tout le centre, sauf toujours quelques exceptions. Il s'est bien, il est vrai, en ces régions, constitué des cités ; mais combien sont encore purement agricoles ! Elles ressemblent à ces petites villes fortifiées que l'on rencontre en Italie et qui, aujourd'hui comme il y a plusieurs siècles, renferment dans leurs murs une population adonnée presque tout entière aux travaux des champs. Mais n'oublions pas qu'en Grèce, la terre est ingrate ; aussi ne nous étonnerons-nous pas de constater combien d'hommes lui tournent le dos et cherchent d'un autre côté leur subsistance. Ils échangent la charrue contre l'épée et ils peuvent répéter cette chanson d'un Crétois : « C'est une grande richesse pour moi que ma lance et mon épée et le beau bouclier qui protège mon corps. Voilà avec quoi je laboure, avec quoi je moissonne (1). »

Toutes ces provinces se consument dans des guerres incessantes qui détruisent les richesses au fur et à mesure qu'elles se produisent : et la richesse en hommes, la première de toutes, et la richesse du sol, les arbres, les moissons, dans lesquelles on porte la hache ou l'incendie. Un pays, ainsi mis en coupe réglée, finit par s'épuiser ; il faut aller chercher ailleurs les occasions de donner des coups d'épée et du butin à se partager : les Grecs se répandent à travers le monde, et vont se mettre au service des princes qui, eux aussi, rêvent de conquêtes et de pillage. Dans toutes les armées, on en trouve, partout où

(1) *Athen.* XV, 695 f.

on a besoin de soldats robustes, adroits et d'un courage éprouvé. Leur plus bel exploit, ils l'accomplirent quand, au nombre de Dix Mille, ils tinrent tête à tout l'Empire des Perses et montrèrent à la Grèce que, pour conquérir l'Asie, elle avait des soldats et qu'il ne lui manquait plus qu'un chef pour les conduire.

Dans d'autres cités, je l'ai dit, un type nouveau s'est constitué : l'industrie et le commerce sont devenus des facteurs de la vie économique ; les hommes leur demandent leur subsistance ; la terre n'est plus désormais la base unique de la richesse.

Nommons quelques-uns des centres dans lesquels ce changement s'est accompli : Corinthe, Chalcis, Égine, Athènes.

Faut-il fixer des dates ? Athènes est devancée par les cités que nous venons d'énumérer. Ses progrès ne datent guère que de la fin du VIe siècle : Solon ne fit pas seulement une révolution politique, il fit une réforme économique, en frappant, le premier, la monnaie. Avant cette époque, l'Eubée d'un côté, Égine d'un autre possédaient déjà chacune leur système monétaire. Solon adopta l'étalon d'Eubée.

Quelles sont les causes qui ont amené ce changement ? Il est difficile de les préciser toujours ; la principale me paraît être la situation même de ces cités : Corinthe, par exemple, domine deux mers et tient, en outre, la clef des routes du Péloponèse. Les hommes y sont bien pour quelque chose aussi, et, à Corinthe encore, le mérite d'avoir compris les avantages de la situation topographique revient à ses tyrans au VIIIe et au VIIe siècles.

Le développement économique d'Athènes, commencé à la fin du VIe siècle, prend toute son ampleur au commencement du Ve, tout de suite après les guerres médiques. Et d'abord les hommes en ont le mérite : c'est Thémistocle qui développe la flotte de guerre, c'est Aristide qui groupe autour d'Athènes, dans une ligue, une

foule de cités pour guerroyer contre la Perse ; bientôt ces cités tombent sous la dépendance politique d'Athènes, forment son empire et lui ouvrent un vaste marché. Le hasard y est bien aussi pour quelque chose : entre la bataille de Marathon et la bataille de Salamine, il fit découvrir, dans les mines du Laurion, des filons d'argent plus riches que ceux qui avaient été exploités auparavant. Pendant un siècle ou deux, les particuliers et l'État lui-même allaient y trouver des richesses considérables.

Mais il est temps de déterminer exactement en quoi consiste ce changement, surtout à Athènes.

La population s'y est accrue dans des proportions considérables. Vers la fin du ve siècle, elle atteint son maximum. Les évaluations varient : 30 000, 35 000, 40 000, peut-être 60 000 adultes, et, en multipliant par quatre, de 120 000 à 240 000 citoyens. Il y faut ajouter les étrangers domiciliés, les *métèques* : 50 000 environ; les esclaves : 100 000 environ. Au maximum donc, la population de l'Attique s'élevait à : 240 000 citoyens, 50 000 métèques, 100 000 esclaves ; au total, 390 000 âmes.

M. Beloch (1) a estimé quelle pouvait être l'importance de la population urbaine à l'époque d'Alexandre. A ce moment, la population de toute l'Attique, d'après ses évaluations, se monte à 274 000 âmes, Athènes et le Pirée comprenaient au plus 120 000 habitants. Ce chiffre est certainement excessif, puisque 100 000 habitants pour Athènes et le Pirée donneraient 170 habitants par hectare, c'est-à-dire une densité plus forte que celle de Berlin. Acceptons cependant ce chiffre : avec 100 000 habitants, Athènes est devenue une grande ville, une très grande ville ; il n'y a probablement, dans tout le bassin de la Méditerranée, aucune ville qui puisse rivaliser avec elle.

Une agglomération d'hommes aussi considérable ne peut plus vivre uniquement de la terre. La campagne n'est

(1) *Bevölkerung der griech. röm. Welt.*

pas abandonnée ; une grande partie des Athéniens continuent à y résider ; parmi les citadins, il en est encore un bon nombre qui exploitent la terre eux-mêmes et par leurs esclaves. Thucydide note comme un trait de mœurs l'attachement de ses compatriotes pour la campagne. A côté de cette population rurale, il y a, surtout au Pirée, les marins, les commerçants, les hommes d'affaires, les artisans et même les industriels.

Prenons d'abord l'industrie : des métiers de plus en plus nombreux se sont détachés de la famille ; mais, très apparentes, subsistent les traces de l'organisation première, surtout dans les modes de rémunération du travail : souvent, l'ouvrier vient travailler au domicile du client ; souvent aussi, il reçoit de celui-ci la matière première ; souvent enfin, son salaire, en tout ou en partie, lui est payé en nature.

Nous rencontrons aussi l'artisan indépendant, travaillant chez lui, dans son échoppe ou dans son établi ; vendant directement aux clients les produits de son travail. Cette apparition caractérise un régime nouveau que l'on a appelé l'organisation urbaine.

Un second signe : à côté de l'artisan, le boutiquier. Chacun ne peut plus se procurer, par son travail, les denrées, les objets nécessaires à la vie de chaque jour ; ou bien, on n'a plus le temps ni l'occasion de s'adresser aux producteurs : les revendeurs de détail assurent l'approvisionnement des ménages.

Ajoutons que l'on relève à Athènes quelques traces de la grande industrie. On peut citer la fabrique de lits et la fabrique d'épées du père de Démosthène : la première employait une vingtaine d'esclaves, l'autre trente-deux ou trente-trois ; la fabrique de boucliers du père de Lysias. Dans les mines du Laurion, les exploitations employant plusieurs centaines d'esclaves n'étaient pas rares.

Enfin, le grand commerce s'est étendu ; il amène les

marchandises que le sol ne donne pas et dont cette population, relativement considérable, réclame des quantités importantes.

Ailleurs, en dehors d'Athènes, en de moindres proportions, des progrès du même genre, et surtout l'augmentation de la population, se sont accomplis. Hier, les foires suffisaient, ce moyen primitif ne disparaît pas : il se perfectionne. Il faut une grande foire, permanente, aisément accessible, où chacun, même du dehors, viendra s'approvisionner. Par là, je détermine le rôle du port d'Athènes dans le monde grec. Le Pirée est la place vers laquelle convergent toutes les routes commerciales, le centre des affaires, le marché où l'agriculture et, dans une certaine mesure, l'industrie déversent le trop plein de leurs produits.

Athènes garda sa prééminence économique plus longtemps que sa prééminence politique : au IVe siècle encore, tout à la fin même du siècle, elle est la métropole commerciale du monde grec.

Les conquêtes d'Alexandre le Grand en Asie coupent l'histoire de la Grèce en deux : la civilisation, le mouvement, la richesse, la population émigrèrent. Un nouveau monde s'ouvrait aux Grecs ; les routes commerciales se déplaçaient. Rhodes hérita d'abord de la situation occupée jusque-là par Athènes ; elle était placée à l'intersection des lignes du commerce international, de la ligne nord-sud, du Pont à Alexandrie, et de la ligne est-ouest, d'Espagne à la Syrie et au centre de l'Asie. Ses habitants étaient doués d'un tempérament plus calme que celui de beaucoup de Grecs ; avec cela, de l'esprit d'initiative, et, ce qui est plus rare, de l'esprit de suite. Ils tirèrent un parti merveilleux de la situation que leur avaient faite les circonstances. A côté d'eux, toujours en Asie, quelques villes, comme Chio, Éphèse, sans rivaliser avec Rhodes, atteignaient une prospérité nouvelle.

La fortune de Rhodes eut une courte durée. Vers la fin du IIIe siècle et surtout au IIe, une nouvelle puissance

surgit, une grande ville se crée à l'ouest : c'est Rome. De nouvelles voies s'ouvrent au commerce. Pendant tout un temps, Rhodes maintient sa position, mais Rome la détruisit d'un seul coup, en déclarant le port de Délos, port libre (164). Délos devint le grand marché où se rencontrèrent l'Orient et l'Occident, « le point de relâche le plus commode pour tout vaisseau venant d'Italie ou de Grèce et se rendant en Asie (1) ». La prospérité de Délos se soutint durant un siècle environ ; elle fut ruinée par la guerre de Mithridate et par les pirates.

Il n'y eut plus dès lors, dans le monde grec, qu'un seul port, qu'une seule place que les commerçants continuaient à visiter. C'était Alexandrie, tête de ligne vers l'Asie et vers l'Afrique et, d'un autre côté, vers Rome. Derrière elle, il y avait un pays fertile qui donnait en abondance l'huile, le blé, le lin ; elle recevait de l'Arabie et de l'Inde les parfums, l'ivoire.

On voit combien, en général, fut fragile la prospérité des ports grecs ; il n'en pouvait être autrement, puisque, en général, elle reposait surtout sur le commerce international ; il leur manquait un *hinterland*. Le commerce international se déplace subitement ; au Ier siècle avant notre ère, il a déserté Corinthe, Athènes, Délos, Rhodes, et toutes ces places sont tombées dans le marasme.

Revenons aux trois ports que nous avons cités, Athènes, Rhodes, Délos. En réunissant les renseignements épars que nous possédons, nous arriverons à nous former une idée assez précise de la nature et de l'organisation du commerce qui s'y faisait.

Tout d'abord, le commerce et aussi l'industrie sont dans les mains des étrangers, plutôt que dans celles des nationaux. Partout où le régime urbain s'est implanté, on rencontre en grand nombre des métèques ou étrangers domiciliés. Comme ils ne peuvent pas acquérir la propriété

(1) Strab., X, 514.

foncière, ils sont forcément poussés vers d'autres professions que l'agriculture ; mais cette raison n'est pas la seule. Parmi les métèques, il y a beaucoup d'affranchis : l'esclavage les a dressés au travail manuel ; il en est qui ont exercé pour le compte de leurs maîtres un métier, ou tenu une boutique; ils ne font que continuer leur existence antérieure. Enfin, parmi eux, des étrangers d'origine libre sont venus faire fortune au loin et utiliser les capacités qui, dans leur ville natale, resteraient sans emploi. Pour tous ceux-là qui, par leur activité, assurent la prospérité publique, les Athéniens ne sont pas généreux; ils leur refusent, nous l'avons dit, le droit de propriété ; ils les frappent de contributions spéciales et les appellent, en temps de guerre, sous les drapeaux, dans des conditions plus dures que celles qui pèsent sur les nationaux.

Les citoyens ne restent pas étrangers au mouvement des affaires. L'exemple donné est contagieux. Mais l'opinion publique n'est pas franchement réconciliée avec le commerce et l'industrie ; elle est encore trop entichée de la supériorité de l'agriculture. Cultiver la terre est toujours la plus noble et la plus saine des occupations. L'opinion accepte les autres formes du travail, mais pas indistinctement ; elle ne peut tolérer qu'un homme libre s'adonne à des travaux qui dépriment son intelligence ou déforment son corps ; avant tout, il lui faut garder des loisirs. Elle n'admet pas non plus chez un citoyen la préoccupation absorbante du gain : il peut faire des affaires, il le doit même, mais il lui faut garder du temps pour se promener à l'agora, disent les gens ordinaires ; pour faire de la politique, disent les hommes d'État ; pour faire de la philosophie, disent les professeurs. Ces préjugés peuvent paralyser ou énerver la bonne volonté des pauvres diables qui craignent de déroger en prenant un métier réputé servile, et se plient à une existence besogneuse pour sauver leur dignité de citoyens : ils se font sentir surtout

tout en haut, dans les classes supérieures. La jeunesse continue à préférer les émotions de la tribune à celles de la Bourse, et à donner une large partie de son temps aux affaires de l'État. Ce qui ne veut pas dire que l'on néglige ses propres affaires ; on prend des intérêts dans les entreprises industrielles et commerciales ; on place adroitement son argent ; mais on ne le fait pas, du moins en général, fructifier soi-même.

L'une des opérations les plus pratiquées est le prêt, et spécialement le prêt maritime ou à la grosse aventure. Il offrait de grands risques, vu les nombreux accidents auxquels les navires étaient exposés. Les sommes prêtées pouvaient être affectées sur le navire lui-même aussi bien que sur son chargement. En cas d'heureuse traversée, le prêteur rentrait dans ses avances ; sinon, il supportait la perte. Aussi l'intérêt stipulé était-il très élevé, jusqu'à 30 p. c., tandis que pour les prêts ordinaires on demandait 12 à 18 p. c. C'est sous cette forme que se produit l'association des capitaux, nécessaire à la grande expansion du commerce. Des sociétés commerciales, permanentes, dotées d'une personnification civile, il n'y en a pas : on rencontre des associations d'individus en vue d'une opération déterminée ou pour l'exploitation d'une banque ou d'une mine. Par contre, en foule, des confréries formées entre gens de même profession et ayant, à côté de leur caractère religieux qui est le principal, un certain caractère professionnel. Toute association, en Grèce, a pour premier objet la célébration d'un culte ; mais, fatalement, quand elle groupe des hommes qui exercent le même métier, qui ont des intérêts communs, les questions professionnelles viennent à l'ordre du jour. On a retrouvé, à Délos, les restes du local des Poseidoniastes et de celui des Hermaïstes. Les confréries en Grèce jouissent, comme telles, de la personnification civile ; elles possèdent des immeubles, spécialement un lieu de réunion où les membres, tout en se divertissant,

viennent causer de leurs affaires ; cela suffit pour leur donner un caractère professionnel, car il n'y a point de trace des grandes compagnies marchandes. La maison des Hermaïstes, par exemple, n'a que des caves étroites ; elle ne possédait ni greniers, ni boutiques ; ce n'était donc pas le siège des affaires communes ; tout simplement, elle était le local d'un cercle ou d'un club.

Quelles étaient les marchandises qui s'échangeaient dans les ports grecs ?

Dans une très faible mesure, les produits de l'industrie. En effet, celle-ci ne se pratiquait guère que dans l'atelier, rarement dans la fabrique ; la production des artisans s'écoulait sur place. Cependant, les œuvres des artistes ont eu, de bonne heure, un débouché à l'étranger : les vases de Corinthe, par exemple ; ceux d'Athènes ont été transportés par le commerce sur tous les points du monde grec.

Le commerce était surtout alimenté par les produits agricoles : Athènes était le grand marché des grains ; elle en avait besoin pour la consommation de ses habitants. Le surplus s'écoulait au dehors. Aux grains, il faut ajouter le vin et l'huile, la laine, le poisson, les esclaves. Chio et plus tard Délos étaient les grands marchés de chair humaine.

Les auteurs, et en particulier Strabon, nous donnent quelques renseignements sur la façon dont était approvisionné le marché, et sur les débouchés que s'étaient assurés les commerçants grecs. L'une des régions dans lesquelles ils trafiquent de préférence est la mer Noire. Tanaïs, par exemple, « servit longtemps d'emporium ou de marché commun aux nomades de l'Europe et de l'Asie, et aux Grecs du Bosphore ; les premiers y transportaient des esclaves, des peaux et différents produits de l'industrie nomade, les seconds, des tissus, du vin, et maintes autres productions des pays civilisés qui trouvaient à s'y

échanger avantageusement (1) ». Dioscuras, dans la même région, servait d'emporium aux populations de l'intérieur (2). N'oublions pas Panticapée, aujourd'hui Kertch, et les autres villes du royaume de Bosporos où les Athéniens allaient chercher le blé. Il en venait aussi de Sicile, d'Égypte et d'ailleurs. Strabon cite encore en Asie, Apamée, Éphèse « qui est l'entrepôt général des marchandises d'Italie et de Grèce », Comana, Pessinonte, le principal emporium d'une partie de la Galatie, Phase qui est « le centre du marché de la Colchide ». En Italie, le marché des Canusites dans la région de Barium ; en Gaule, ceux de Narbonne et d'Arles.

Ces marchés étaient approvisionnés par la navigation fluviale, comme Phase et surtout Alexandrie, et aussi par les caravanes. Strabon mentionne celles qui mettaient en rapport l'Inde et l'Arabie avec Coptos (3) ; celles des Arabes vers l'Inde et la Perse (4) ; celles des Aorses qui monopolisaient le transport à dos de chameaux des marchandises de l'Inde et de la Babylonie, expédiées par la voie de l'Arménie et de la Médie (5).

Le commerce par caravanes paraît aux mains des indigènes : les Grecs et aussi les Phéniciens se limitent au commerce maritime. Un ancien géographe (6) nous décrit la façon dont opèrent les Phéniciens sur les côtes de l'Éthiopie : ils débarquent dans l'île de Cerné, y installent des tentes, puis, chargeant leurs marchandises sur des canots, ils les transportent sur le continent et les vendent aux indigènes. Hérodote (7) de son côté raconte comment les Carthaginois trafiquent avec les habitants de la Lybie : ils disposent leurs marchandises sur le rivage, allument

(1) Strab., XI, 2, 13.
(2) Id., XI, 2, 16.
(3) Id., XVI, 4, 24.
(4) Id., XVII, 1, 45.
(5) Id., XI, 2.
(6) Scylax, *Peripl. Geogr. Minor.* I, 112.
(7) Hérod., IV, 196.

de grands feux et s'en vont. Les indigènes, attirés par ce signal, arrivent, choisissent ce qui leur convient et déposent la quantité d'or qui leur paraît être l'équivalent de ce qu'ils désirent. Si les Carthaginois ne s'en contentent pas, ils la laissent et les nomades ajoutent un surplus jusqu'à ce que les marchands soient satisfaits. Quand on est d'accord, vendeurs et acheteurs, sans s'être vus, se retirent chacun de leur côté.

En se réservant le commerce maritime, les Grecs n'avaient point peut-être pris la meilleure part. Les navires de ce temps-là étaient loin d'approcher de nos géants d'aujourd'hui ; leur capacité ne dépassait pas 360 tonnes. Leur construction et leurs moyens d'action ne leur permettaient pas d'affronter les gros temps. En général, durant l'hiver, ils restaient au port.

De plus, l'insécurité des mers est grande. Elle l'est par le fait des guerres incessantes : les navires des puissances neutres sont de bonne prise. Elle l'est par le fait de la piraterie : celle-ci constitue un moyen, sinon honorable, du moins admis, de gagner sa vie. Aristote veut qu'on le réserve à l'égard des barbares; mais le moyen, quand on court les mers, par métier, de laisser échapper une belle occasion parce qu'elle s'offre sous l'aspect de compatriotes! Certaines régions de la Grèce sont de véritables nids à pirates ; la Crète a toujours eu à cet égard une mauvaise réputation ; l'Étolie ne valait guère mieux.

Pénétrons maintenant dans l'une des places commerciales que nous avons citées. Le commerce est centralisé en deux endroits : l'emporion et l'agora ; le premier au port, la seconde dans la ville. Je dois rappeler que, dans les commencements, les Grecs bâtissaient leurs villes, comme Athènes, dans l'intérieur des terres, à l'abri des coups de main des pirates. Plus tard, seulement, ils se rapprochèrent de la mer, comme à Rhodes.

A peu de chose près, le Pirée offre encore le même aspect que dans l'antiquité : des bornes qui ont été retrou-

vées en place indiquent les limites du port de commerce. Les quais contre lesquels venaient se ranger, comme aujourd'hui, les embarcations légères, que l'on appelle des caïques, n'étaient pas bien étendus (1) : Ils étaient bordés par des magasins bâtis en portiques, στοαί, au nombre de cinq : on cite le magasin des grains. Il y avait aussi un local appelé δεῖγμα, une véritable bourse, où les marchands exposaient des échantillons et où se traitaient les affaires.

Du côté de la terre, l'emporion est également délimité par des bornes. C'est dans cet espace que les marchandises doivent être déchargées : celles qui sont destinées à l'emporion sont revendues sur place ; celles qui sont destinées au commerce local sont transportées à l'agora.

Les dimensions du port de Délos étaient encore plus modestes. Le port proprement dit n'avait qu'un développement de rivage de 800 mètres. Il n'était pas entièrement entouré de quais ; ceux-ci s'étendaient seulement sur 250 mètres, et ne formaient pas une ligne continue ; dans les intervalles, on avait disposé le sol en une pente pavée qui descendait jusqu'au sable (2). L'auteur auquel nous devons ces mesures ne peut en croire ses yeux. « N'oublions pas, dit-il, que les navires des anciens n'avaient point les proportions des nôtres. De plus, les anciens mouillaient leurs bâtiments côte à côte, poupe au quai et proue en avant : un voilier à quai ne s'amarre pas autrement. C'est ainsi rangés que l'on voit aujourd'hui, dans le port du Pirée, les caïques de l'Archipel. Cette disposition permet à de nom-

(1) Les mesures exactes sont difficiles à donner, parce que l'on n'est pas d'accord sur l'utilisation des différentes parties du Pirée pour le port de commerce et pour le port militaire.

Un ingénieur grec, M. Angelopoulos, donne aux quais du port de commerce 2240 m. ; il ajoute 800 m. environ pour les môles ; mais il ne tient pas compte des deux bornes qui semblent avoir été trouvées *in situ*. Περὶ Πειραίως καὶ τῶν λιμένων αὐτοῦ. Athènes, 1898.

(2) Ardaillon, *Bull. Corr. Hellén.*, XX, p. 432 et *Quomodo Graeci collocaverint portus atque aedificaverint*. Lille, 1898.

breux bâtiments de faible tonnage, de trouver place en un court espace. » « En dehors du port, ajoute-t-il, vers le sud, on retrouve 1500 mètres de quais ; ils ont été, semble-t-il, en partie construits par des commerçants pour l'usage de leurs magasins, parfois sur une largeur de 15 mètres, souvent de 4 à 5 mètres seulement, et sur une hauteur qui ne dépasse le niveau de l'eau que de 30 à 40 centimètres, quelquefois de 2 mètres. »

Les installations de l'emporion de Délos étaient les mêmes que celles du Pirée. D'abord, les bazars disposés en portiques, στοαί ; puis la Bourse, δεῖγμα, qui se composait d'un bâtiment à deux ailes d'une longueur, l'une de 44 mètres, l'autre de 75 mètres ; enfin les magasins.

Les marchandises, débarquées dans le port, alimentent en partie le commerce local ; celui-ci est concentré à l'agora. A Athènes, il y avait une agora au Pirée et dans la ville même. Les boutiquiers y dressent des échoppes bâties en planches ; mais à Athènes et en d'autres villes, on a, de bonne heure, construit des bazars qui fournissent aux négociants des installations plus commodes. La Grèce moderne répète ici encore la Grèce ancienne : le marché est resté le centre de la vie commerciale. Les cultivateurs apportent des fruits ou des légumes ; les artisans étalent les produits de leur travail. Dans les rues avoisinantes, comme autrefois encore, le marché se prolonge sur les trottoirs et dans les maisons. Rien n'est plus frappant que cette intensité du commerce de détail. Les étalages sont très spécialisés. Les artisans, qui travaillent sous les yeux du public, sont nombreux : il ne manque que Socrate causant avec ses disciples dans l'atelier du fabricant de brides. La spécialisation du commerce et du travail multiplie les transactions : la même pièce de monnaie passe en un jour par de nombreuses mains. Les bénéfices sont petits, mais on s'en contente. Une foule bruyante et affairée entoure les échoppes et, au milieu des allées et venues, dans le mouvement des paroles et des gestes, on se donne l'illusion

de faire beaucoup de besogne ; mais le Grec a toujours été plus habile qu'appliqué, plus adroit que laborieux, plus amateur de paroles et de belles attitudes que d'actions. Dans l'antiquité, comme aujourd'hui, à l'agora, on faisait beaucoup de bruit pour rien. Plus d'un historien s'y est laissé prendre. On se représente Athènes, Rhodes, Délos, comme de grandes places de commerce disposant d'énormes capitaux, traitant des affaires gigantesques, dévorées par la fièvre des spéculations. La réalité était beaucoup plus modeste : à l'emporion comme à l'agora, en général, on opérait petitement sur des quantités médiocres, avec peu d'argent. Les affaires n'étaient considérables que par l'adresse que l'on y déployait, et parfois par l'éloquence que l'on mettait jusque dans d'humbles trafics.

La législation relative au commerce donne la meilleure justification de ce que je viens de dire ; elle ne se compose que de quelques articles. Elle est simple comme les situations et les intérêts qu'elle règle.

L'entrée et la sortie de toutes les marchandises n'étaient pas absolument libres : en Macédoine, la sortie des bois de construction était soumise à des restrictions ; ailleurs c'était le blé dont les pays producteurs réglaient l'exportation.

Partout, d'innombrables décrets honorifiques accordent, à des étrangers, comme un privilège, le droit de faire entrer et de faire sortir des marchandises.

Les droits d'entrée et de sortie, les taxes perçues à l'occasion des ventes au marché sont les sources principales des revenus, où, dans beaucoup de cités, s'alimente le trésor public. Le taux ordinaire des droits d'entrée et de sortie est de 2 %. On a retrouvé récemment le règlement des douanes de Kyparissos (1). Dès que le navire est arrivé dans la zone de l'emporion, son chargement

(1) *Bull. Corr. Hellén.*, XXI, p. 574.

sera déclaré aux receveurs du 50e, et les droits seront acquittés préalablement à toute vente. Les exportateurs doivent, avant le chargement, faire la déclaration et payer le droit. Toute infraction est frappée d'une peine du décuple. Est encore punie, toute déclaration de valeur inférieure à la valeur réelle.

On a soutenu, il est vrai, que le Pirée était un port franc ; mais rien ne confirme cette opinion. Tout au contraire, un décret du IVe siècle montre que toute marchandise indistinctement devait les droits de douane : dans ce décret, on voit que les Athéniens imposent aux habitants de l'île de Céos d'amener au Pirée, et nulle part ailleurs, le vermillon qu'ils exploitent. Ce vermillon sera en partie employé à Athènes, mais en partie aussi, cela va de soi, réexporté. Or, le payement des droits d'entrée pour toutes les quantités introduites est formellement prévu (1).

On remarque que toutes les marchandises sont frappées d'une façon uniforme, les matières premières comme les produits fabriqués, les denrées nécessaires à la vie comme les objets de luxe. Le droit pèse assez lourdement sur les denrées qui sont importées pour être immédiatement exportées, puisqu'il arrive à être de 4 p. c. Aux droits de douane, il faut ajouter des taxes diverses, taxes de déchargement, etc. (2).

Arrivées à l'agora, les marchandises sont de nouveau frappées par le fisc qui perçoit un droit sur toutes les ventes. Nous en ignorons le taux : il semble qu'il était à Athènes du centième.

A Athènes encore, il était défendu de prêter sur un navire dont le chargement de retour était destiné à un autre port qu'Athènes. Cette mesure visait surtout les navires qui se rendaient dans les pays producteurs de grains, et, en leur enjoignant le retour à Athènes, assurait l'approvisionnement de la ville. Dans le même but,

(1) *Corp. inscr. Attic.*, II, p. 546.
(2) A Délos. *Bull. Corr. hellén.*, VI, p. 66.

cette règle que les deux tiers du blé importé devaient être dirigés sur l'agora d'Athènes ; l'autre tiers seul pouvait être exporté.

Quelques chiffres pour terminer.

Le plus précis nous est donné par Polybe (1): en 164, les Romains, pour punir les Rhodiens, déclarèrent Délos port franc. Du coup, les douanes de Rhodes ne donnèrent plus que 150 000 drachmes (2) au lieu d'un million qu'elles donnaient auparavant. Le droit étant supposé au taux ordinaire de 2 p. c., tout le mouvement commercial de Rhodes s'élèverait à 50 millions, ou même beaucoup moins, puisque dans ce million de droits de douane sont compris le droit d'entrée et le droit de sortie.

Des inscriptions de Délos nous donnent deux chiffres, mais antérieurs à la grande prospérité de l'île : en 279, le produit des douanes est de 14 200 ; en 250, de 5250 drachmes.

A Athènes, en 400, à un moment de ralentissement des affaires, les douanes rapportaient encore de 30 à 36 talents (3) pour 1500 à 1800 talents de marchandises importées et exportées, ce qui, en ne tenant compte que des 2 p. c. perçus à l'entrée, correspond à 10 millions environ de drachmes. Quelques années auparavant, les Athéniens avaient frappé leurs vassaux d'une contribution de 5 p. c. sur les marchandises transportées par mer ; ils remplaçaient par là le tribut qui donnait 1000 talents ; la nouvelle taxe devait au moins rapporter la même somme. Si cela est, tout le mouvement commercial dans les ports de l'empire athénien représentait une valeur de 120 millions de drachmes environ.

Pour que ces chiffres nous donnassent une idée tout à fait précise, il faudrait connaître la valeur de l'argent

(1) Polybe, XXXI, 7, 12.

(2) Il est probable qu'il s'agit là de drachmes de Rhodes, valant 4/5 de celles d'Athènes. Ces chiffres, réduits en monnaie athénienne, devraient dont être diminués de 1/5.

(3) Andoc, *de Myst.*, 133.

dans l'antiquité. On semble d'accord pour proposer comme multiple le nombre 3. Nous aurons donc en francs : Importation à Athènes tout au début du IVe siècle : 30 millions. Mouvement commercial dans l'empire athénien tout à la fin du Ve siècle : 360 millions. Importation à Rhodes au IIe siècle : 150 millions.

Ce sont là des sommes bien minimes : elles font sourire presque, si on les rapproche de celles d'aujourd'hui. Ainsi se marque, par la brutalité des chiffres, la différence des époques, des régimes économiques et des civilisations. Les Grecs, malgré tout, supportent la comparaison ; car si nous les battons sur le terrain des affaires, nous n'avons encore rien à opposer à Homère, ni à Phidias. Ils ont pu remuer moins d'argent que nos contemporains ; ils n'en ont remué que plus d'idées, et, quoi qu'on en dise, leurs chefs-d'œuvre littéraires et artistiques, leur philosophie resteront les sources auxquelles les peuples et les individus avides d'une culture supérieure devront continuer à s'abreuver.

HENRI FRANCOTTE.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre XVII

LA COORDINATION DES LOIS DE LA STATIQUE

1. *Le P. Marin Mersenne* (1588-1648) — *Blaise Pascal* (1623-1662) — *Le P. Zucchi* (1586-1670) — *Le P. Honoré Fabri* (1606-1688)

Lorsque le XVIIe siècle parvient au milieu de sa course, l'œuvre entreprise en Statique par Stevin, par Galilée, par Roberval, par Descartes et par Torricelli se trouve accomplie. Au moment où débuta le XVIe siècle, la plupart des grandes vérités de la Statique avaient été déjà entrevues, soit par les mécaniciens de l'École de Jordanus, soit par Léonard de Vinci. Puis elles s'étaient obscurcies de nouveau, et la critique étroite et partiale des géomètres les avait rejetées dans l'oubli. C'est ainsi que la brume se déchire un instant et laisse apercevoir la neige étincelante des hautes cimes qu'un nouveau nuage vient bientôt voiler. Maintenant, les propositions les plus importantes, parmi celles qui composent la Science de l'Équilibre, sont formulées d'une manière précise ; les silhouettes des principaux sommets se dessinent avec netteté. Mais il s'en faut bien que la Statique soit complètement constituée. Une

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, p. 463, avril 1904, p. 560, juillet 1904, p. 9, octobre 1904, p. 394, janvier 1905, p. 96, avril 1905, p. 462, juillet 1905, p. 115, octobre 1905, p. 508, et janvier 1906, p. 115.

théorie scientifique n'est pas la réunion de quelques grandes vérités isolées les unes des autres ; elle est un système où ces vérités s'enchaînent les unes aux autres, une classification méthodique dont l'ordre manifeste les affinités naturelles des divers principes. Or, de cet enchaînement, nul mécanicien n'a encore la claire vision. Si les principaux sommets brillent déjà, éclairés d'une vive lumière, les contreforts qui les unissent et les groupent en un même massif sont encore noyés dans l'ombre. Parfois même, les yeux qui contemplent un pic n'aperçoivent pas une cime voisine. Descartes, qui marque si nettement les contours du principe des déplacements virtuels, n'a de la loi de la composition des forces qu'une vue extrêmement confuse et inexacte.

Il reste donc, pour que la Statique soit une science faite, une œuvre importante à accomplir. Il reste à grouper les diverses lois déjà découvertes en un système un et coordonné, à montrer comment elles s'accordent entre elles, comment elles dérivent les unes des autres, comment, en chaque circonstance, elles fournissent les conditions qui suffisent à assurer l'équilibre et qui sont nécessaires pour qu'il ait lieu.

Ce travail de systématisation et de coordination, nul, plus que le P. Mersenne, n'a souhaité ardemment de le parfaire ; nul ne s'y est plus activement efforcé. Malheureusement, le laborieux Minime n'était pas apte à mener à bonne fin la tâche qu'il s'était imposée. Pour classer en une théorie harmonieuse toutes ces propositions diverses et disparates, il fallait une vue claire et profonde des principes, une extrême rigueur de déduction, un sens critique très sûr et très finement aiguisé ; Mersenne était doué seulement d'une curiosité inlassable de collectionneur et d'une exubérante imagination d'artiste. Aussi, à la place du système logique qu'il eût fallu construire, ne composa-t-il qu'une compilation.

Compilation fort complète, d'ailleurs, et pour laquelle les œuvres de presque tous les mécaniciens contemporains furent mises à contribution.

Dès 1626, Mersenne avait donné son *Synopsis mathematica* (1), longue liste de propositions dues soit à des géomètres anciens, soit à des auteurs modernes. A côté des théorèmes qui composent les traités d'Archimède, Mersenne avait reproduit les énoncés qui forment les ouvrages de Commandin et de Luca Valerio ; il y avait joint maint texte emprunté à Simon Stevin, à Guido Ubaldo, à Villalpand, à d'autres encore. Les *Mechanicorum libri* demeurèrent jusqu'à la fin du XVIIe siècle le thème de plus d'un traité de Statique, d'autant qu'en 1644, Mersenne réédita son *Synopsis* (2).

En 1634 paraissent *Les méchaniques de Galilée ;* l'infatigable compilateur ne s'est pas contenté de traduire l'œuvre du grand géomètre de Pise; il y a joint « plusieurs additions rares et nouvelles, utiles aux Architectes, Fonteniers, Philosophes et Artisans » ; et parmi ces additions, plusieurs sont empruntées aux « Méchaniques du Guid-Ubalde (3) ».

L'année 1636 voit paraître les *Harmonicorum libri ;* Mersenne y rapporte les premiers travaux de Galilée sur la chute accélérée des graves ; la Statique y tient peu de place ; cependant, on y étudie (4) de quelle manière varie la pesanteur d'un grave pendu à l'extrémité d'un bras de levier lorsque ce levier tourne autour du point d'appui ; l'influence de Benedetti, dont Mersenne ne cite pas le nom

(1) V. Chapitre XIII, 1, et Chapitre XV, 2.

(2) *Universæ Geometriæ mixtæque Mathematicæ synopsis, et bini refractionum demonstratarum tractatus ;* studio et operâ F. M. Mersenni M. ; Parisiis, apud Antonium Bertier, viâ Jacobæâ, sub signo Fortunæ, MDCXLIV.

(3) Mersenne, *Les méchaniques de Galilée*, p. 23. Cf. L'épître dédicatoire adressée à M. de Reffuge.

(4) F. Marini Mersenni, ordinis minimorum, *Harmonicorum libri;* Lutetiæ Parisiorum, sumptibus Guglielmi Baudry, MDCXXXVI ; Liber secundus, de causis sonorum, Propositio XXIV, Corollarium IV, p. 22.

en cet ouvrage, mais qu'il invoquera en un autre écrit, est ici bien manifeste.

En la même année 1636, Mersenne donne, en français, l'*Harmonie universelle*. Là se trouve inséré le « *Traité de Méchanique*, des poids soustenus par des puissances sur les plans inclinez à l'horizon ; des puissances qui soustiennent un poids suspendu à deux chordes ; par G. Pers. de Roberval ». Mais le laborieux Minime ne se borne pas à adjoindre l'écrit de Roberval à la partie de son propre ouvrage qu'il a intitulée : *A. Traitez de la nature du son et des mouvemens de toutes sortes de corps. Livre second. Des mouvemens de toutes sortes de corps*. Dans cette même partie, après avoir rapporté la théorie de Galilée sur la chute des corps et critiqué les hypothèses faites par le grand physicien au sujet du plan incliné, hypothèses qui ne s'accordent pas avec ses propres expériences, Mersenne « examine (1) la 9 proposition du 8 livre des Recueils Mathématiques de Pappus, qui consiste à sçavoir quelle force est nécessaire pour soustenir un poids donné sur un plan droit incliné à l'horizon selon un angle donné, dont j'ay déjà parlé assez amplement dans la 4 addition que j'ay mis (*sic*) dans les méchaniques de Galilée ; c'est pourquoi j'ajoûte seulement ici la démonstration qu'en a fait Monsieur de Roberval, l'un des plus excellens géomètres de ce siècle ».

Roberval n'est point le seul mécanicien dont les œuvres soient étudiées dans l'*Harmonie universelle*. Peu après le passage que nous venons de citer, Mersenne nous montre (2) que la loi du plan incliné donnée par Cardan au *De Proportionibus* n'est point exacte ; puis (3) que « Cardan, Tartalea et Guid-Ubalde ont failli touchant la balance ».

Ailleurs (4), Mersenne se montre préoccupé de la

(1) Mersenne, *loc. cit.*, Proposition VII, Corollaire VIII, p. 121.
(2) Id., *ibid.*, Proposition X, Corollaire I, p. 124.
(3) Id., *ibid.*, Proposition X, Corollaire II, p. 124.
(4) Id., *Harmonie universelle*. A. Traitez de la nature des sons et des

diminution que peut éprouver la pesanteur d'un corps qu'on éloigne du sol. Cette préoccupation se retrouve en plusieurs passages des *Nouvelles observations physiques et mathématiques*, observations qui doivent prendre place à la fin de l'*Harmonie universelle*. Nous y voyons Mersenne (1) soucieux de l'objection qu'adressait Fermat à la théorie du levier donnée par Archimède ; il tient compte de la convergence des verticales au moyen du théorème des moments, « comme fait Jean Benoist dans son 3 Chapitre sur les méchaniques, ce que plusieurs excellents géomètres estiment véritable ». Auparavant, il avait reproduit (2) sur le même sujet l'étrange raisonnement de « Monsieur Fermat, conseiller au parlement de Tholose, et très excellent géomètre », non sans ajouter : « Je ne voy pas la force de cette démonstration » ; il avait aussi annoncé la prochaine publication de la Géostatique de Monsieur de Beaugrand.

L'*Harmonie universelle* traitait d'un grand nombre de questions de Mécanique ; mais ces questions, éparses en diverses parties de l'ouvrage, ne se réunissaient pas de manière à former un traité de Mécanique. Ce traité, Mersenne tenta quelques années plus tard de le composer ; il l'adjoignit à l'un de ces ouvrages touffus et désordonnés, consacrés aux questions les plus diverses, qu'il avait coutume de publier. Le *Tractatus mechanicus, theoricus et practicus*, publié à Paris, chez Antoine Bertier, en 1644, forma la seconde partie des *Cogitata physico-mathematica* (3).

mouvemens de toutes sortes de corps. Livre troisième : Du mouvement, de la tension, de la force, de la pesanteur, et, des autres propriétez des chordes harmoniques et des autres corps. Proposition XIX, p. 207.

(1) Mersenne, *Harmonie universelle*, Nouvelles observations physiques et mathématiques, Ve observation, pp. 16-17.

(2) Id., *ibid.*, Livre VIII. De l'utilité de l'harmonie et des autres parties des mathématiques. Proposition XVIII, pp. 61 et seqq.

(3) Voici quelques indications sur ce curieux ouvrage :

Il est intitulé : F. Marini Mersenni Minimi *Cogitata physico-mathematica*, in quibus tam naturæ quam artis effectus admirandi certissimis

Ce *Tractatus mechanicus* n'est, en réalité, qu'une compilation fort peu méthodique des connaissances acquises en Statique par le P. Marin Mersenne.

Le *præludium* par lequel il débute renferme quelques figures (1) relatives au levier et au plan incliné ; les *Questions mécaniques* du Stagirite inspirent la démonstration de la règle du levier, tirée des vitesses avec lesquelles se meuvent les extrémités. Visiblement, les propositions

demonstrationibus explicantur. Parisiis, sumptibus Antonii Bertier ; via Jacobea, MDCXLIV.

Une *Præfatio præfationum* réunit les divers traités qui composent ce volume. Elle est suivie d'un sommaire ainsi libellé : Tractatus isto volumine contenti : I. De mensuris, ponderibus et nummis Hebraïcis, Græcis et Romanis ad Gallica redactis. — II. De hydraulico-pneumaticis phænomenis. — III. De Arte nautica, seu Histiodroma, et Hydrostatica. — IV. De Musica theorica et practica. — V. De mechanicis phænomenis. — VI. De Ballisticis, seu Acontismologicis phænomenis.

Alors une *Præfatio generalis*, sans pagination, précède un écrit de 40 pages : *De Gallicis, Romanis, Hebraicis et aliis mensuris, ponderibus et nummis.* Ce traité est une seconde rédaction, plus correcte, de celui que nous allons rencontrer peu après.

Un faux titre : *Hydraulica, pneumatica, arsque navigandi, Harmonia theorica, practica et mechanica phænomena*, autore M. Mersenno M., Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobeâ, MDCXLIV, précède une épître dédicatoire au Marquis d'Estampes Valençay, le *Tractatus de mensuris, ponderibus atque nummis tam Hebraicis quam Græcis et Romanis ad Parisiensia expensis* (pp. 1-40) et le *De hydraulicis et pneumaticis phænomenis* (pp. 41-214).

Un nouveau faux-titre : *Ars navigandi super et sub aquis, cum Tractatu de Magnete et Harmoniæ theoreticæ, practicæ et instrumentalis.* Libri quatuor. Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobæâ, sub signo Fortunæ, MDXLIV — annonce les matières qui occupent les pages 225 à 370. Là se trouve, en particulier (pp. 225-255), l'Hydrostatique.

Nous trouvons encore un faux-titre, accompagné cette fois d'un changement de pagination. Ce faux-titre porte : F. Marini Mersenni Minimi *Tractatus mechanicus, theoricus et practicus.* Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobæâ, sub signo Fortunæ, MDCXLIV. 96 pages composent ce traité.

Un dernier faux-titre, accompagné d'un troisième changement de pagination, est ainsi rédigé : F. Marini Mersenni Minimi *Ballistica et Acontismologia, in quâ sagittarum, jaculorum, et aliorum missilium jactus, et robur arcuum explicantur.* Parisiis, sumptibus Antonii Bertier, viâ Jacobæâ, MDCXLIV. Cette dernière partie compte 140 pages.

Un *Index amplissimus omnium rerum quas hoc primum volumen complectitur* termine l'ouvrage.

(1) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, p. 2.

II et V (1), consacrées à la notion de moment, ont subi l'influence de Benedetti, tandis que la proposition VI (2) reproduit des considérations de Guido Ubaldo, qui semblent méconnaître cette notion. La proposition X (3) développe, au sujet de l'utilité des poulies, des considérations qui sont empruntées à Galilée. Mais les deux auteurs auxquels Mersenne doit le plus sont Descartes et Roberval.

De Descartes, le laborieux compilateur reproduit presque en entier la lettre que ce « Vir clarissimus » lui écrivit le 13 juillet 1638 (4), et que nous avons étudiée au Chapitre XIV. Cette lettre fournit la théorie du levier (5), celle du plan incliné (6), à propos de laquelle Mersenne formule l'axiome de Descartes, enfin la variation apparente du poids d'un corps lorsque ce corps s'éloigne du centre de la Terre (7).

Le calcul de la force qui doit agir parallèlement ou obliquement à un plan incliné pour maintenir un corps

(1) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, p. 10 et p. 18.

(2) Id., *ibid.*, p. 23.

(3) Id., *ibid.*, p. 36.

(4) Il y était, du reste, dûment autorisé par une lettre de Descartes en date du 2 février 1643 (*Œuvres de Descartes*, publiées par Ch. Adam et Paul Tannery, *Correspondance*, t. III, p. 611). Descartes, en cette lettre, disait à Mersenne que plusieurs personnes, en Hollande, avaient déjà eu copie de sa Statique. Ces copies provenaient de l'exemplaire adressé à Constantin Huygens; les unes étaient en français, d'autres traduites en latin. C'est une de ces traductions latines que l'abbé Nicolas Poisson, prêtre de l'Oratoire, retraduisit en français et fit imprimer en 1668 (*a*). Jean Daniel Mayor, au contraire, ayant trouvé une copie française de l'*Explication des engins*, la traduisit en latin et la fit imprimer à Kiel en 1672.

(5) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, Propositio III, p. 12.

(6) Id., *ibid.*, Propositio IX, p. 34.

(7) Id., *ibid.*, Propositio VII, p. 25.

(*a*) *Traicté de la Mécanique* composé par M. Descartes, de plus l'*Abrégé de la Musique* du même auteur, mis en français avec les éclaircissemens nécessaires, par N.P.P.D.L.; Paris, Angot, 1668. Cette traduction du *Traicté de la Mécanique* fut réimprimée en 1724, à Paris, avec la Méthode, la Dioptrique et les Météores. Victor Cousin l'a insérée au t. V de son édition des *Œuvres* de Descartes (Paris, 1825).

pesant en équilibre sur ce plan est tiré (1) du *Traité de Méchanique* composé par Roberval et inséré en l'*Harmonie universelle.*

Ce n'est point, d'ailleurs, dans le *Tractatus mechanicus* que Mersenne reproduit la théorie de Roberval touchant le parallélogramme des forces. Il la donne seulement dans la *Ballistica et Acontismologia,* où elle forme les propositions V et VI (2).

Ajoutons enfin que l'influence de Stevin, moins manifeste que celle des auteurs précédemment cités, n'est point cependant entièrement absente de la Statique de Mersenne. Elle se trahit plus clairement en d'autres parties des *Cogitata physico-mathematica.* Le mot *antisacoma,* employé en un certain lieu (3), en est déjà la trace non douteuse. Elle se marque surtout, profonde et nette, en l'Hydrostatique, que Mersenne emprunte presque entièrement au géomètre de Bruges.

Tel est ce traité de Mécanique, où les fragments tirés des écrits les plus divers s'accolent en une mosaïque grossière, sans que rien les raccorde les uns aux autres, sans qu'aucune transition atténue la dureté tranchée de leurs disparates. Visiblement, Mersenne n'était point homme à ramener à l'unité tant d'œuvres dissemblables, à mettre d'accord tant de principes, contradictoires en apparence.

Tout ce qui manquait à Mersenne pour réduire la Statique en un corps de doctrine, pénétration profonde des principes, rigueur de la déduction logique, acuité du sens critique, toutes ces qualités, Pascal les possédait au degré suprême. Il était donc merveilleusement préparé à l'œuvre qu'il s'agissait d'accomplir ; et il semble bien, en effet, qu'il s'y soit essayé. Son essai, malheureusement, ne nous est pas parvenu.

Nous en avons connaissance par un passage du *Traité*

(1) Mersenne, *Tractatus mechanicus*, pp. 47-56.
(2) Id., *Ballistica et Acontismologia*, pp. 10-18.
(3) Id., *De hydraulicis et pneumaticis phænomenis*, p. 141.

de l'Équilibre des liqueurs que Périer publia à Paris, en 1663, un an après la mort de son beau-frère. Au Chapitre II, intitulé : *Pourquoi les liqueurs pèsent suivant leur hauteur*, nous lisons ceci :

« Voici encore une preuve qui ne pourra être entendue que par les seuls géomètres, et peut être passée par les autres.

» Je prends pour principe, que jamais un corps ne se meut par son poids, sans que son centre de gravité descende...

» J'ai démontré par cette méthode, dans un petit *Traité de Mécanique*, la raison de toutes les multiplications de forces qui se trouvent en tous les autres instruments de mécanique qu'on a jusqu'à présent inventés. Car je fais voir en tous, que les poids inégaux qui se trouvent en équilibre par l'avantage des machines, sont tellement disposés par la construction des machines, que leur centre de gravité commun ne sauroit jamais descendre, quelque situation qu'ils prissent ; d'où il s'ensuit qu'ils doivent demeurer en repos, c'est-à-dire en équilibre. »

Le principe adopté par Pascal, en son petit *Traité de Mécanique*, est donc le principe formulé par Torricelli.

Pascal ne méconnaissait point, d'ailleurs, la valeur de l'axiome invoqué par Descartes. Au *Traité de l'Équilibre des liqueurs*, en ce même Chapitre II, nous lisons ceci :

« Et l'on doit admirer qu'il se rencontre en cette machine nouvelle cet ordre constant qui se trouve en toutes les anciennes : savoir, le levier, le tour, la vis sans fin, etc., qui est, que le chemin est augmenté en même proportion que la force..... De sorte que le chemin est au chemin comme la force est à la force ; ce que l'on peut prendre même pour la vraie cause de cet effet : étant clair que c'est la même chose de faire faire un pouce de chemin à cent livres d'eau, que de faire faire cent pouces de chemin à une livre d'eau, et qu'ainsi, lorsqu'une livre d'eau est tellement ajustée avec cent livres d'eau, que les cent livres

ne puissent se remuer un pouce, qu'elles ne fassent remuer la livre de cent pouces, il faut qu'elles demeurent en équilibre, une livre ayant autant de force pour faire faire un pouce de chemin à cent livres, que cent livres pour faire faire cent pouces à une livre. »

Pascal admettait donc à la fois l'axiome de Descartes et l'axiome de Torricelli ; mais nous ignorons s'il était parvenu à montrer pourquoi ces deux principes s'accordaient en toutes leurs conséquences, ni même si cette question avait sollicité son attention.

Le sens critique est assurément la faculté que le P. Zucchi prisait au plus haut point. C'est avec beaucoup de finesse et de subtilité qu'il relève, en sa *Nouvelle philosophie des machines* (1), tout ce qu'ont d'inadmissible les assertions émises par Aristote, dans les premiers chapitres de ses *Questions mécaniques ;* il ne montre pas moins de sagacité lorsqu'il s'efforce de mettre en lumière les postulats implicites et, d'ailleurs, nullement évidents qu'Archimède appelle à son aide pour justifier la loi du levier.

Ce sens critique, toutefois, n'était ni si délié, ni si sûr qu'il pût guider le P. Zucchi, sans erreur ni défaillance, parmi les divers principes de Statique que les géomètres modernes avaient proposés ; entre ces axiomes disparates, il hésite ; parmi ces notions mal définies, il confond.

En un de ses axiomes (2), par exemple, il prend le mot *virtus* au sens où Descartes disait *force,* où nous disons aujourd'hui *travail ;* mais, en l'axiome suivant, le mot

(1) *Nova de Machinis Philosophia in qua, Paralogismis Antiquæ detectis, explicantur Machinarum vires unico principio, singulis immediato*, authore Nicolao Zucchio Parmensi, Societatis Jesu, olim professore Mathematicæ in Collegio Romano. Accessit exclusio vacui contra nova experimenta, contra vires Machinarum. Promotio Philosophiæ Magneticæ ; ex ea novum argumentum contra systema Pythagoricum. Romæ, typis hæredum Manelphii, MDCXXXXIX. — Une première édition de cet ouvrage avait été donnée à Paris en 1646 ; les matières mentionnées dans le titre de la seconde édition à partir du mot *accessit* ne figuraient pas dans la première édition.

(2) Zucchi, *loc. cit.*, pars secunda, sectio V, 2, p. 45.

virtus a pris le sens que nous donnons aujourd'hui au mot *force*. Le premier de ces postulats semble annoncer que l'auteur va fonder toute sa Statique sur le principe Cartésien : *Ce qui suffit à élever un certain poids à une certaine hauteur, suffit aussi à élever un poids* K *fois plus grand à une hauteur* K *fois moindre*. Mais le raisonnement tourne à l'improviste et le principe auquel il se trouve conduire est le principe Péripatéticien : *Ce qui suffit à mouvoir un certain poids avec une certaine vitesse, suffit également à mouvoir un poids* K *fois plus grand avec une vitesse* K *fois moindre*.

Toutefois, généralisant la remarque que Galilée avait faite au sujet du plan incliné, Zucchi a soin de corriger l'axiome Péripatéticien : « La vitesse ou la lenteur du mouvement, dit-il (1), doit être estimée suivant la ligne de l'inclination de la puissance motrice ou résistante ; en particulier, dans le cas des poids, elle doit être estimée suivant la verticale, car l'inclination de ces poids au mouvement vers le bas ou leur résistance au mouvement vers le haut est dirigée suivant cette ligne. »

On voit, par cette citation, avec quelle aisance les contemporains de Descartes étendaient à des puissances de direction quelconque ce qu'ils savaient être vrai au sujet des poids. Il nous semblera donc fort naturel, au prochain §, que Wallis apporte une semblable généralisation à l'axiome de Statique formulé par le grand philosophe français.

Au moment où le P. Zucchi donnait à Paris la première édition de sa *Nova de machinis philosophia*, un autre savant Jésuite s'efforçait de présenter la Dynamique sous une forme entièrement logique, où les lois mathématiques de cette science fussent très exactement déduites des principes de la Philosophie naturelle ; ce Jésuite était le P. Honoré Fabri. Né dans le Bugey, en 1606 ou 1607,

(1) Zucchi, *loc. cit.*, pars tertia, sectio III, p. 86.

le P. Fabri fut professeur au Collège des Jésuites de Lyon, puis Grand Pénitencier du Saint-Office ; il mourut à Rome le 9 mars 1688. Il était, au début de sa carrière scientifique, en très fréquent commerce avec le P. Mersenne.

Le P. Fabri ne publia pas sous son nom le résultat de ses méditations sur le mouvement local ; l'ouvrage où ce résultat se trouve consigné parut (1) sous le nom d'un ami du P. Fabri, Pierre Mousnier, Docteur en Médecine.

L'ouvrage publié par Pierre Mousnier est, avant tout, un traité de Dynamique ; il est, pour l'histoire de cette science, du plus haut intérêt ; mais la Statique étant, en dernière analyse, un cas très particulier de la Dynamique, on ne s'étonnera point qu'elle se trouve touchée en cet écrit.

Le livre V, intitulé : *De motu in diversis planis,* expose la théorie du mouvement d'un grave placé sur un plan incliné ; cette théorie suppose la détermination préalable de la pesanteur apparente d'un tel grave.

Le P. Fabri fonde cette détermination sur cet axiome (2) : *Un corps grave ne se meut spontanément que pour descendre.* De ce postulat, il tire ce corollaire (3), d'où découle toute la théorie du plan incliné : *Le mouvement d'un grave est gêné dans le rapport où le chemin qu'il faut accomplir pour acquérir une hauteur déterminée ou pour accroître d'une longueur déterminée sa distance au centre est à cette longueur verticale.*

Ne voyons-nous pas dans cette formule un ressouvenir de l'ancien axiome de Jordanus : *Gravius in descendendo quando ejusdem motus ad medium rectior ?*

Ce n'est pas la seule relique de la science médiévale

(1) *Tractatus physicus de motu locali, in quo effectus omnes, qui ad impetum, motum naturalem, violentum et mixtum pertinent, explicantur. et ex principiis physicis demonstrantur ;* auctore Petro Mousnerio, Doctore medico ; cuncta excerpta ex prælectionibus R. P. Honorati Fabry, Societatis Jesu. Lugduni, apud Joannem Champion, in foro Cambii, MDCXLVI.

(2) Id., *ibid.*, p. 195, Axioma I.

(3) Id., *ibid.*, p. 196, Theorema V.

que contienne l'ouvrage du P. Fabri ; on y retrouve (1), par exemple, au sujet de la convergence des verticales, tous les paradoxes qu'avaient imaginés Albert de Saxe et son École, et que Villalpand, Bernardino Baldi et Mersenne avaient recueillis.

Le P. Fabri, ou son interprète Pierre Mousnier, ne se contente pas, d'ailleurs, de la brève allusion à la Statique que renferme le Livre consacré au plan incliné ; un appendice (2) est spécialement consacré à l'étude des engins propres à lever de grands fardeaux ; les lois fondamentales qui régissent l'emploi de ces engins s'y trouvent ramenées aux principes sur lesquels le savant Jésuite a assis sa Dynamique.

Plus nettement encore que la Statique du P. Zucchi, la Statique du P. Fabri s'identifie avec la Statique de Galilée, c'est-à-dire, en dernière analyse, avec la Statique d'Aristote, modifiée par la considération du plan incliné. Cela ressort avec évidence des divers axiomes postulés au début de cette Statique :

« Une même puissance produit plus aisément en un même mobile un mouvement moindre qu'un mouvement plus grand. — Un mouvement est d'autant moindre qu'il est plus lent, c'est-à-dire qu'il requiert plus de temps pour parcourir un espace donné. —Un poids égal à un autre ne le peut mouvoir d'un mouvement égal. — Un poids égal à un autre le peut mouvoir d'un mouvement moindre. — Un poids se meut plus aisément suivant une oblique que suivant une verticale d'autant que l'oblique est plus longue que la verticale. — Un poids peut mouvoir un poids plus grand, pourvu que le mouvement de celui-ci soit moindre que le mouvement de celui-là et que le rapport des mouvements soit moindre que le rapport des poids. — Pour qu'un poids puisse entraîner un poids plus petit d'un mouvement

(1) Pierre Mousnier, *loc. cit.*, p. 219.

(2) Id., *ibid.*, *Appendix secunda : De principio physico-statico ad movenda ingentia pondera*, p. 438.

plus grand que le sien, il faut que le rapport des poids soit plus grand que le rapport des mouvements. »

Après avoir formulé ces axiomes, l'auteur énonce en ces termes le « Problème universalissime » de la Statique : « Mouvoir un poids quelconque au moyen de n'importe quelle puissance », et il en donne cette solution générale : « Faire en sorte que le mouvement du poids soit moindre que le mouvement de la puissance et que le rapport des mouvements soit supérieur au rapport des poids. »

A cette solution est joint ce « Corollaire universalissime » : « Il résulte de là que toute l'industrie qui a pour objet de mouvoir de grands poids consiste à rendre leur mouvement de plus en plus lent ; vous pourrez augmenter le poids mis en mouvement dans le rapport où vous aurez diminué le mouvement. »

Quelques indications très sommaires marquent l'application de ce principe au levier, aux moufles, au treuil, à la vis, aux roues dentées, au plan incliné.

L'influence de Descartes, si sensible en certaines parties de la Dynamique exposée par le P. Honoré Fabri, ne se perçoit nullement ici ; toute la Statique du savant Jésuite est construite sur la notion de *momento*, telle que Galilée l'a conçue.

2. *Le Traité de Mécanique de Roberval*

C'est seulement d'une manière incidente, comme appendice à la théorie du mouvement local, que le P. Fabri avait traité des *Méchaniques ;* encore s'était-il borné à présenter sous une forme très générale et très concise le principe qui en justifie l'emploi ; ses leçons, publiées par Pierre Mousnier, ne pouvaient donc, en aucune façon, jouer le rôle d'un traité de Statique. Ce rôle n'était pas joué davantage par l'écrit du P. Zucchi ; cet écrit n'avait

rien d'un traité complet de Statique ; c'était bien plutôt un essai critique sur les principes de la Mécanique.

C'est, au contraire, un traité complet de Mécanique que Roberval se proposait d'écrire.

La publication de cet ouvrage était ardemment souhaitée par les amis du Professeur au Collège de France. En reproduisant, dans ses *Cogitata physico-mathematica*, les théorèmes de Roberval sur le plan incliné, Mersenne espère (1) qu'il excitera « ceux qui s'adonnent aux études de Mécanique à réclamer de notre grand géomètre, qui le cède à peine à Archimède, l'exposé des autres parties de cette Science ; et à le réclamer avec tant d'importunité qu'ils finissent par l'obtenir, pour le plus grand honneur des lettres ». Ces réclamations ne furent pas assez puissantes pour vaincre la répugnance que Roberval paraît avoir éprouvée à l'égard de la publication de ses œuvres.

Le traité de Mécanique de ce grand géomètre n'était cependant point demeuré à l'état de projet ; il avait été composé en entier ; nous en avons le témoignage par une lettre que l'auteur adressait en 1650 à Hevelius (2) ; cette lettre nous fait même connaître les titres des huit livres qui devaient composer cet ouvrage : « Nous avons construit, dit Roberval, une Mécanique nouvelle, depuis les fondations jusqu'au faîte ; sauf un petit nombre, les pierres antiques avec lesquelles elle avait été édifiée jusqu'ici ont toutes été rejetées. Elle est complète en huit étages, auxquels correspondent des livres en même nombre.

» Le premier livre traite, d'une manière générale, du centre de vertu des puissances ; on y cherche s'il existe un tel centre, à quelles puissances il convient et quelles sont celles auxquelles il ne convient pas.

» Le second traite de la balance ; on y examine les poids qui se peuvent faire équilibre.

(1) Mersenni *Cogitata physico-mathematica. Tractatus mechanicus*, p. 47.

(2) *Huygens et Roberval; Documents inédits* par C. Henry. Leyde, 1880.

» Le troisième traite du centre de vertu des puissances en particulier.

» Le quatrième est consacré à un extraordinaire larcin.

» Le cinquième a pour objet les instruments et les machines.

» Le sixième a trait aux puissances qui agissent au sein de certains milieux ; on s'y occupe des corps flottants.

» Le septième est consacré aux mouvements composés.

» Le huitième, enfin, traite du centre de percussion des puissances mobiles. »

Ce traité de Mécanique ne nous est point parvenu.

Longtemps après la mort de Roberval, on publia (1), en annexe à son traité géométrique qui a pour titre : *Observations sur la composition des mouvemens*, un court fragment désigné par ces mots : *Projet d'un livre de Mécanique traitant des mouvemens composés ;* ce fragment, dont nous aurons à nous occuper au § 4, peut être regardé comme un essai pour le septième livre du traité de Mécanique; mais cet essai se borne à ce qui devait former les premières pages de ce livre.

D'autres fragments, composés par Roberval sur divers sujets de Mécanique, et presque tous inédits, se trouvent en un cahier manuscrit conservé à la Bibliothèque Nationale (2).

(1) DIVERS OUVRAGES DE MATHÉMATIQUE ET DE PHYSIQUE PAR MESSIEURS DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES. A Paris, MDCXCIII.

(2) Bibliothèque nationale, fonds latin, Ms. n° 7226. — Voici la composition exacte de ce manuscrit :

Fol. 1 : blanc — fol. 2 (recto) à fol. 30 (verso) : *Tractatus mechanicus a D. D. Roberval, anno 1645.* — fol. 31 (recto) à fol. 33 (verso) : *Demonstratio mechanica.* — fol. 34 (recto) à fol. 34 (recto) : *Lettre de Monsieur de Roberval à Monsieur de Fermates, conseiller de Thoulouze, contenant quelques propositions méchaniques.* — fol. 34 (verso) à fol. 36 (verso) : *Proposition de Monsr de Roberval qui sert à trouver les centres de gravité. Envoyée à Mr Fermat le premier avril 1645.* — foll. 37 et 38 : blancs. — fol. 39 (recto) à fol. 82 (recto) : *Theorema lemmaticum ad invenienda centra gravitatis mire inserviens a D. D. Roberval ; anno 1645* (Ce fragment ne contient pas seulement le lemme dont il s'agit, mais encore l'application de ce lemme à la recherche des centres de gravité du demi-cercle, de la demi-circonférence, de la trochoïde,

Parmi ces fragments, il en est assurément plusieurs que l'on doit regarder comme des ébauches de quelque livre du *Traité de Mécanique* annoncé dans la lettre à Hevelius.

Le *Tractatus mechanicus* que l'on trouve au début du cahier manuscrit ne paraît pas être autre chose que le commencement du premier livre de ce traité. C'est bien, en effet, le *centre de vertu de puissances* quelconques que Roberval se propose comme objet de ses déductions.

Roberval définit ce qu'il entend par *puissance (virtus* seu *potentia)* ; à ce mot, il attribue exactement le sens que nous attribuons au mot *force* ; c'est, du reste, le sens qu'il lui attribuait dès 1636, dans la lettre à Fermat que nous avons déjà mentionnée au Chapitre précédent : « Nous appelons en général une puissance, y disait-il, cette qualité par le moyen de laquelle quelque chose que ce soit tend ou aspire en un autre lieu que celuy où elle est, soit en bas, en haut ou à costé, soit que cette quantité convienne naturellement à la chose ou qu'elle luy soit communiquée d'ailleurs. De laquelle définition il s'ensuit que tout poids est une espèce de puissance, puisque c'est une qualité par le moyen de laquelle les corps aspirent vers les parties inférieures. Souvent nous appelons aussy du nom de puissance la mesme chose à laquelle la puissance convient, comme un corps pesant est appelé un poids. »

de la courbe associée à la trochoïde et du triangle). — fol. 82 (verso) et foll. 83 et 84 : blancs — fol. 85 (recto) à fol. 207 (recto) : *Traicté de Mechanique et specialement de la conduitte et élévation des eaux. Par Monsieur de Roberval* — fol. 207 (verso) à fol. 210 (recto) : *Proposition fondamentale pour les corps flottants sur l'eau.* — Le reste du cahier est blanc.

De ces divers écrits, un seul a été publié ; c'est la lettre à Fermat, écrite le 11 octobre 1636, et relative à la querelle sur la proposition géostatique ; le commencement de cette lettre fut publié en 1679, à Toulouse, dans les *Varia opera mathematica* D. Petri de Fermat, pp. 138-141 ; la lettre a été donnée in extenso par Paul Tannery et Ch. Henry dans leur édition des *Œuvres* de Fermat, t. II. *Correspondance*, art. XIV, p. 75. Tous les autres fragments sont inédits ; ils mériteraient les honneurs de la publication.

Pour employer notre langage moderne, c'est la composition des forces appliquées à un corps solide que Roberval se proposait d'étudier au premier livre de son *Traité de Mécanique*, dont le *Tractatus mechanicus* de 1645 nous présente sans doute le début.

Le problème est posé, tout d'abord, avec une grande généralité ; le corps peut être un point, une ligne, une surface ; il peut être étendu en toutes dimensions ; les forces peuvent être quelconques. Mais cette généralité ne tarde pas à subir des restrictions, explicites ou implicites ; en fait, Roberval admet que la *puissance* dont est doué chacun des éléments du solide a une grandeur invariable ; il admet qu'elle a une direction fixe ou bien qu'elle se dirige vers un centre fixe.

Ces restrictions rendent légitime le Postulat fondamental auquel Roberval attribue le troisième rang et que, dans sa lettre de 1636, il énonçait déjà en ces termes : « Si une puissance est penduë ou arrestée à une ligne flexible et sans poids, laquelle ligne soit attachée par un bout à quelque arrest, en sorte qu'elle soustienne la puissance, tirant sans empeschement contre cette ligne, la puissance et la ligne prendront quelque position en laquelle elles demeureront en repos, et la ligne sera droicte par force. Soit icelle ligne appelé le pendant ou la ligne de direction de la puissance... »

Du problème déjà restreint qui vient d'être énoncé, le *Tractatus mechanicus* de 1645 examine seulement un cas fort particulier, celui où toutes les forces qui sollicitent le corps solide sont parallèles entre elles et à une direction fixe. Ce cas particulier est étudié, d'ailleurs, avec un grand appareil de rigueur logique ; par une méthode, qui s'inspire à la fois d'Archimède et de Pappus, sont établies l'existence et les propriétés du centre des forces parallèles.

Un commencement de recherches sur la composition des puissances semblables, appliquées à des solides sem-

blables, termine ce fragment sans l'achever ; du premier livre du *Traité de Mécanique* annoncé à Hevelius, livre dont la lettre écrite en 1636 à Fermat nous permet de deviner le plan, la plus grande partie, et la plus neuve, fait défaut.

Le second livre de ce traité était consacré à la balance ; c'est sans doute à ce second livre qu'était destinée la *Demonstratio mechanica* conservée par le Manuscrit de la Bibliothèque Nationale. Cette *démonstration mécanique* est celle de la loi du levier ; comme forme, elle imite les rigoureuses déductions des géomètres grecs ; comme fond, elle se rapproche de celle qu'avaient adoptée Stevin et Galilée.

Selon la lettre qu'il adressait à Hevelius, Roberval traitait, en son troisième livre, « du centre des vertus des puissances en particulier ». Qu'entendait-il par là ? Sans doute la recherche géométrique des centres de gravité de certaines figures, recherche à laquelle il avait consacré une bonne part de son talent de géomètre. Nous trouvons, probablement, une partie des matériaux qui sont entrés dans la composition de ce livre, lorsque nous lisons, au Manuscrit que conserve la Bibliothèque Nationale, la *Proposition de Monsr de Roberval qui sert à trouver le centre de gravité* et le *Theorema lemmaticum ad invenienda centra gravitatis mire inserviens a D. D. Roberval, anno 1645*.

La proposition qui fait le principal objet de ces deux écrits énonce la propriété fondamentale du centre de gravité d'un nombre quelconque de points matériels : Le moment, par rapport à un plan quelconque, de la masse totale des points, réunie en leur centre de gravité, est égal à la somme algébrique des moments de ces points par rapport au même plan. Ce théorème se trouvait implicitement à la base de toutes les recherches de centres de gravité, aussi bien de celles qui avaient été accomplies dans l'antiquité par Archimède ou Pappus que de celles

qui avaient été poursuivies dans les temps modernes par Commandin, Maurolycus, Guido Ubaldo, Stevin et Luca Valerio ; ou, pour mieux dire, ces recherches utilisaient un cas particulier de ce théorème, le cas où le plan choisi passe par le centre de gravité ; mais jamais, croyons-nous, il n'avait été énoncé et démontré dans son entière généralité.

La démonstration de Roberval procède avec ce luxe compliqué d'appareil déductif où se complaisait habituellement notre géomètre ; en la rédaction latine du *Theorema lemmaticum*, ce luxe est vraiment excessif ; on souhaiterait plus de brièveté et de simplicité. A cette rédaction, d'ailleurs, sont jointes d'intéressantes applications du lemme qui y est démontré ; ces applications concernent la recherche des centres de gravité du demi-cercle, de la demi-circonférence, de la trochoïde (1), de la courbe associée à la trochoïde et du triangle.

Que le troisième livre annoncé à Hevelius eût bien pour objet la recherche des centres de gravité particuliers, nous en trouvons la confirmation dans le titre du quatrième livre : « Quartus, de fure mira continet ». Roberval y voulait, sans doute, rapporter l'étrange larcin dont il fut victime de la part de Torricelli ; Pascal nous a conté, dans l'*Histoire de la Roulette*, cet impudent plagiat (2).

Un fragment sur les corps flottants : *Proposition fondamentale pour les corps flottants sur l'eau*, termine le cahier manuscrit conservé à la Bibliothèque Nationale ; il eût servi, sans doute, à la composition du sixième livre du *Traité de mécanique*.

Notre manuscrit ne renferme rien qui ait trait aux mouvements composés, dont devait s'occuper le septième

(1) C'est le nom par lequel Roberval désigne la courbe que Pascal nomme la *roulette* et que l'on appelle communément aujourd'hui la *cycloïde*, selon la proposition de Beaugrand.

(2) *Œuvres complètes* de Blaise Pascal, tome III, p. 338 ; Paris, Hachette, 1880.

livre ; comme nous l'avons dit, le *Projet d'un livre de Mécanique traitant des mouvements composés*, qui fut publié en 1693, semble un essai de rédaction du début de ce livre.

L'objet du huitième livre était le centre de percussion des puissances mobiles, au sujet duquel une si vive discussion s'était élevée entre Roberval et Descartes. Le manuscrit de la Bibliothèque Nationale ne contient rien qui ait trait à cet objet.

Si nous laissons de côté le traité élémentaire dont nous parlerons tout à l'heure, nous ne trouvons rien non plus, en notre manuscrit, qui ait pu entrer dans la composition du cinquième livre, consacré « aux instruments et aux machines ». Cette lacune est particulièrement regrettable ; c'est en ce livre, assurément, que Roberval eût exposé en entier les démonstrations dont le *Traité de Méchanique*, inséré en l'*Harmonie universelle* de Mersenne (1), contenait seulement l'ébauche.

Ainsi nous ne possédons point le *Traité de Mécanique* que Roberval avait composé, comme en témoigne sa lettre à Hevelius ; le cahier manuscrit conservé à la Bibliothèque Nationale nous présente seulement certains fragments que Roberval avait, semble-t-il, fait réunir et classer pour les employer dans la construction de ce grand ouvrage.

Si incomplets et disparates que soient les matériaux réunis sous nos yeux, ils suffisent à nous faire deviner les proportions et le plan de l'édifice achevé ; la perte de cette œuvre paraît être définitive ; elle mérite de vifs regrets. Le *Traité de Mécanique* de Roberval était, à coup sûr, un monument ample et puissant, où les doctrines élaborées au début du XVIIe siècle se trouvaient ordonnées et classées ; le souci de la déduction rigoureuse, poussé jusqu'à la minutie, le rendait certainement prolixe et compliqué ; mais les géomètres qui souhaitaient que la science de

(1) Ce traité était aussi vendu séparément à Paris, par Richard Charlemagne, rue des Amandiers, à la Vérité Royalle, MDCXXXVI.

l'équilibre fût développée avec une parfaite clarté y trouvaient l'entière satisfaction de leurs désirs.

Roberval ne s'était pas seulement soucié des aspirations des géomètres, amis des savantes et rigoureuses déductions ; il avait aussi songé aux besoins des artisans ; ceux-ci n'ont ni assez de force d'esprit, ni assez de loisir, pour suivre les raisonnements par lesquels, d'un petit nombre de postulats simples et généraux, on peut tirer avec méthode les diverses lois de la Mécanique ; et cependant, il leur est nécessaire d'user de ces lois, partant d'en prendre une connaissance claire, précise et assurée. C'est pour leur procurer l'avantage d'une telle connaissance que fut sans doute composé le *Traicté de Mechanique et specialement de la conduitte et élévation des eaux, par Monsieur de Roberval*, dont le texte, malheureusement inachevé, occupe la plus grande partie du Manuscrit de la Bibliothèque Nationale.

Ce *Traicté de Méchanique* n'est pas daté ; mais un passage qu'il renferme nous peut donner une indication sur l'époque où il fut composé. Traitant de l'élévation des eaux au moyen du « Syphon », Roberval s'exprime en ces termes (1) :

« Et qnoyque par ce moyen il semble qu'on peut faire passer l'eau par une haute montaigne, touttefois on se souviendra qu'une telle conduitte d'eau est impossible aux lieux plus haults que 32 pieds de France, et qu'un peu au dessoubs de 32 pieds, elle est fort mal asseurée par deux raisons. La première qu'il est fort difficile que le Syphon soit si bien soudé que l'air n'y trouve bientost passage, et par ce moyen le Syphon s'emplissant d'air, l'eau ne coule plus. L'autre raison est qu'en une grande haulteur il faut un syphon trop hault, ainsy il est subject à crever. »

L'expérience de Torricelli a mis en la pression de

(1) Roberval, *loc. cit.*, fol. 176, verso.

l'atmosphère la raison véritable des effets que mentionne Roberval. Il est clair que celui-ci n'a encore, à l'époque où il rédige son *Traicté de Méchanique*, aucune idée de cette expérience célèbre. Or c'est en 1644, qu'au retour d'un voyage en Italie, Mersenne répéta à Paris l'expérience de Torricelli et « la divulgua en France, non sans l'admiration de tous les savans et curieux » (1). Familier de Mersenne, Roberval dut connaître un des premiers l'importante « expérience d'Italie ». Si donc il l'ignore en son *Traicté de Méchanique*, c'est apparemment que ce traité fut rédigé avant 1644.

En ce *Traicté de Méchanique*, plus de définitions, de postulats, de déductions ; mais un exposé très clair, très simple, très exempt de prétentions à la science abstruse, présente les principaux enseignements de la Mécanique; en lisant ce petit ouvrage, on se prend parfois à songer au *Traité de l'équilibre des liqueurs* et au *Traité de la pesanteur de la masse de l'air*, ces deux immortels chefs-d'œuvre de Pascal ; le *Traicté de Méchanique* de Roberval procède du même esprit.

La Dynamique, la Mécanique des fluides en forment la plus grande partie. « Mais auparavant, dit l'auteur, nous donnerons quelque cognoissance des Instruments de la Méchanique, sçavoir autant qu'il en sera besoin pour fabriquer ceux qui servent à nostre dessein de la conduitte et elevation des eaux ». Voilà pourquoi le traité débute par l'étude des « cinq genres principaux d'instruments réguliers et dont les forces sont cognües, sçavoir la balance, le levier, la roüe avec son aissieu, les poulies ou les moufles, et le plan incliné auquel se reduisent le coin et la visz ».

C'est en cet écrit que l'on peut retrouver les marques de l'influence exercée sur Roberval par Bernardino Baldi ; nous avons relevé ailleurs (2) quelques-unes de ces mar-

(1) Pascal, *Nouvelles expériences touchant le vide* ; au lecteur (*Œuvres complètes* de Blaise Pascal, Ed. Hachette, 1880 ; p. 1).

(2) Cf. P. Duhem, *Bernardino Baldi, Roberval et Descartes* (BULLETIN ITALIEN, t. VI, janvier 1906).

ques ; citons seulement ici la discussion touchant la stabilité et la sensibilité de la balance ; non seulement Roberval y reproduit fort exactement ce que Baldi avait dit à ce sujet (1), mais encore il transforme en une erreur formelle un passage douteux écrit par l'abbé de Guastalla ; parlant des balances où le centre de gravité du fléau se trouve au-dessous de l'axe de rotation, Roberval s'exprime en ces termes (2) : « La troisiesme sorte est sujette à tromper, quand le centre de pesanteur est au dessoubs de celuy du mouvement. »

Ce n'est pas en ce traité élémentaire qu'il nous faut chercher aucune vérité nouvelle de Statique ; Roberval se borne à formuler avec clarté et simplicité les lois qui étaient déjà connues par les travaux de ses prédécesseurs ou par les siens ; c'est ainsi que les propriétés du plan incliné sont exposées avec grand soin. Contentons-nous de citer ce passage (3), relatif à l'égalité du travail moteur et du travail résistant dans les machines ; il ne diffère guère de ce que nous avons lu au *De subtilitate* de Cardan ou en *La Raison des forces mouvantes* de Salomon de Caus :

« Enfin il faut remarquer, ce qui est vray non seulement au levier, mais aussy en tous les autres instruments, touchant le mouvement et le chemin que font les poids et la puissance qui les meut par le moyen de l'instrument, sçavoir que s'ils agissent par des bras égaux ou par des distances égales, ils font des chemins égaux ; s'ils agissent par des distances inégales, celuy qui agit par la plus grande fait le plus de chemin, à proportion que sa distance est plus grande, et partant, il s'ensuit que le moindre des deux, soit la puissance ou le poid, estant celuy qui, en récompense, doit avoir le plus grand bras ou la plus grande distance, sera aussy celuy qui aura le plus de chemin. Il

(1) V. ci-dessus, Chapitre XV, 2e Période.
(2) Bibliothèque Nationale (fonds latin), Ms. 7226, fol. 89, recto.
(3) Bibliothèque Nationale, (fonds latin), Ms. 7226, fol. 99, verso.

s'ensuit encore que, à proportion, il faudra plus de temps à celuy qui agira par le plus grand bras pour faire cheminer l'autre, ou au contraire. Par exemple, posant une petite puissance, laquelle doit mouvoir un grand poid, il faudra que cette petite puissance ayt, à proportion, un plus grand bras, et partant qu'elle fasse beaucoup de chemin, et ainsy qu'elle employe beaucoup de temps, pendant que le poid fera beaucoup moins de chemin ; sçavoir que si le bras de la puissance est 10 fois aussy grand [que celuy du poid] (1), il faudra que pour faire cheminer un pied, elle chemine dix pieds ; par ce moyen, le poid se meut fort lentement, et faut beaucoup de temps pour faire cheminer assez peu.

» Ce que nous venons de dire est pour donner advertissement qu'il ne faut point espérer d'espargner ensemble du temps et de la puissance, ny faire un grand effect avec peu de force, sinon en beaucoup de temps ; et en quoy se trompent ordinairement les ignorants qui sont cause de se faire mocquer d'eux, et de la science aussy, sur laquelle les autres ignorants en rejettent souvent la faulte mal à propos. »

Roberval a donc consacré une très grande part de son activité scientifique à composer un vaste et rigoureux traité de Mécanique à l'usage des géomètres, à rédiger un exposé élémentaire de cette même science pour la commodité des artisans. Mais, selon son étrange coutume, il n'a point fait imprimer ces deux ouvrages ; le premier est aujourd'hui perdu, le second est encore inédit. Aussi ces *Traités de Mécanique*, demeurés inconnus, ne pouvaient-ils satisfaire au besoin de plus en plus pressant qui poussait aussi bien les géomètres que les artisans à désirer une Statique complète et coordonnée.

(1) A la place de ces mots, le texte, par erreur évidente du copiste, dit : qu'elle.

3. *John Wallis (1616-1703)*

Les géomètres, sinon les artisans, virent bientôt leur désir comblé par la publication du traité (1) monumental qu'avait composé John Wallis.

En effet, les trois volumes consacrés par le grand géomètre anglais à la Statique, à la Dynamique, à l'Hydrostatique, sont un véritable monument élevé à la Mécanique, le plus ample, le plus systématique qui ait été composé depuis l'œuvre de Stevin.

La Statique de Wallis n'est point, d'ailleurs, sans analogie avec la Statique de Stevin. On y trouve le même souci, parfois exagéré, de rigueur géométrique, le même désir de ne laisser passer aucune supposition, si claire soit-elle, aucun corollaire, si évident qu'on l'imagine, sans qu'un énoncé formel et précis les signale. On éprouve aussi, il faut bien l'avouer, à la lecture de ces deux ouvrages, la même fatigue causée par l'usage excessif d'un appareil logique si compliqué.

Sur quelle hypothèse doit-on faire reposer toute la Statique ?

En toute machine, deux *puissances (potentiæ)* s'opposent l'une à l'autre et doivent se contrebalancer exactement pour que l'équilibre s'établisse ; l'une est la *force motrice (vis motrix)*, l'autre la *résistante (resistentia)* ; comment évaluera-t-on ce dont chacune d'elles est capable, soit pour déterminer le mouvement de la machine, soit pour l'empêcher ?

(1) Johannis Wallis *Mechanica, sive de Motu. Tractatus geometricus.* Pars prima, in qua De motu generalia, De gravium descensu et motuum declivitate, De libra. Londini, MDCLXIX. — Pars secunda, quæ est de centro gravitatis ejusque calculo. Londini, MDCLXX.— Pars tertia, in qua De vecte, ..., De cuneo, De elatere et resilitione seu reflexione, De hydrostaticis et aëris æquipondio, variisque quæstionibus mechanicis. Londini, MDCLXXI. — Réimprimé dans : Johannis Wallis *Opera mathematica.* Volumen primum. Oxoniæ, e Theatro Sheldoniano, MDCXCV.

Deux solutions sont en présence.

L'une est celle que Galilée a tirée de l'ancienne Dynamique péripatéticienne : Pour connaître ce dont est capable un poids, qu'il soit moteur ou résistant, on calculera son *momento*, c'est-à-dire qu'on multipliera ce poids par la *vitesse* du mouvement de son point d'application ou mieux par la projection de cette vitesse sur la verticale.

L'autre est celle qui a pris naissance au sein de l'École de Jordanus, qu'Herigone et Roberval ont adoptée, que Descartes a formulée avec netteté et défendue avec âpreté : Pour déterminer ce dont un poids est capable, on multipliera ce poids par le *chemin* que décrit son point d'application ou, pour parler plus exactement, par la projection de ce chemin sur la verticale.

Entre les deux solutions, Wallis hésite (1) et, au lieu de résoudre son hésitation en une décision nette, en un choix non équivoque, il adopte une étrange demi-mesure, une véritable cote mal taillée.

Ce que peut la force motrice aura pour mesure le *momentum* de cette force ; la capacité de la résistance sera marquée par son *impedimentum*. Or, tandis que le *momentum* sera le produit de la force motrice par la vitesse du point d'application, l'*impedimentum* s'obtiendra en multipliant la résistance par le chemin que parcourt le point où elle s'applique :

« *Momentum* appello, id quod motui efficiendo conducit.

» *Impedimentum*, id quod motui obstat, vel eum impedit.

» *Momentum* eadem ratione a verbo *moveo* descendit, atque *Impedimentum* ab *impedio*...

» Ad *momentum* refero *vim motricem* et *celeritatem* (2). Quæ, quo majora sunt, eo magis efficitur motus.

(1) Johannis Wallis *Mechanica*. Pars prima. Cap. I : De motu generalia.

(2) Par un lapsus évident, Wallis dit ici : *tempus*, au lieu de : *celeritatem*.

» Ad *impedimentum* refero *resistentiam* et *distantiam*. Quæ, quo majora sunt, eo magis motus impeditur. »

Il n'est point permis de dire que l'équilibre est produit par l'égalité entre le *momentum* et l'*impedimentum* ; ce sont grandeurs d'espèces différentes, entre lesquelles il ne peut y avoir égalité ; un *momentum* qui équilibre exactement un *impedimentum* ne lui est point égal ; selon l'expression adoptée par Wallis, il lui est *équipollent*.

Cette cote mal taillée entre la doctrine Galiléenne et la doctrine Cartésienne ne peut que compliquer inutilement les propositions de la Statique ; elle rend infiniment gauche et pénible le premier Chapitre de la Mécanique de Wallis. Ce grand géomètre l'a sans doute reconnu, car il n'a pu garder cette étrange demi-mesure et, à partir du second Chapitre (1), il est devenu résolument Cartésien.

Un grave, dit-il, tant qu'il n'en est point empêché, tend à descendre ; il ne descend qu'autant qu'il s'approche du centre de la Terre ; il ne monte qu'autant qu'il s'en éloigne. Sa propension à un mouvement déterminé est mesurée par la *grandeur de sa descente* en ce mouvement ; sa répugnance à un certain déplacement par la *grandeur de son ascension* en ce déplacement. La *grandeur de la descente* d'un poids est le produit de ce poids par la hauteur dont il s'est abaissé ; la *grandeur de l'ascension* est, de même, le produit du poids par la hauteur dont il s'est élevé.

Lorsqu'on a affaire à un système de plusieurs graves, on peut former, d'une part, la somme de toutes les descentes et, d'autre part, la somme de toutes les ascensions ; si la première somme excède la seconde, l'excès représente la grandeur de la descente totale ; si la seconde somme surpasse la première, l'excès représente la grandeur de l'ascension totale ; entre ces deux cas, se place celui où la somme des descentes est précisément égale à la somme des ascensions.

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. II. De gravium descensu et motuum declivitate.

Dans le premier cas, le système tend à se mouvoir dans le sens qui a été supposé réalisé lorsqu'on a calculé les descentes et les ascensions partielles ; dans le second cas, il tend à prendre le mouvement contraire ; dans le troisième cas, il ne tend à se mouvoir ni dans un sens, ni dans l'autre ; il demeure en équilibre.

Tels sont les principes que formule Wallis, donnant une forme très générale à l'axiome Cartésien.

Cet axiome, le grand géomètre anglais va le généraliser encore davantage.

Descartes avait presque continuellement supposé que les forces en balance fussent des poids, et il avait borné à ce cas l'énoncé de son principe de Statique. Nous avons fait remarquer, au Chapitre XIV, combien il était aisé de l'étendre à tel point qu'il pût s'appliquer à toute espèce de forces. Bien que la possibilité de cette extension n'ait pu échapper à la clairvoyance du grand philosophe, celui-ci avait négligé d'en donner la formule. Cette généralisation, Wallis va la signaler et y insister.

Il remarque (1) d'abord, comme Descartes l'avait fait avant lui, que le principe fondamental de la Statique n'implique aucune hypothèse au sujet de la nature de la gravité ; que l'on y voie une qualité innée en tout corps pesant ; ou bien une attraction, analogue aux actions électriques et magnétiques, exercée par la Terre ; ou bien une pression qui pousse les graves vers le centre du globe, peu importe. Il suffit que l'on entende sous le nom de gravité la force qui se manifeste aux sens, la force qui meut les corps graves vers le bas, quelle qu'en soit la nature.

Mais si les lois de Statique qui concernent la gravité n'ont rien qui dépende de la nature particulière de cette force, elles doivent s'étendre, *mutatis mutandis*, à toute sorte de forces : « Ce que nous avons dit au sujet de la gravité et du centre de la Terre peut se répéter de n'im-

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. I, Art. XII.

porte quelle force motrice et du terme vers lequel elle tend. »

« La descente d'un grave est mesurée (1) par la quantité dont il s'est approché du centre de la Terre ; son ascension, par la quantité dont il s'en est éloigné. Aussi, d'une manière entièrement générale, le progrès dû à une force motrice est mesuré par le mouvement effectué dans la direction de cette force, le recul par le mouvement en sens contraire. »

« Les valeurs (2) des descentes de divers graves sont entre elles dans le même rapport que les produits des poids par les hauteurs de chute ; les ascensions s'évaluent d'une manière semblable... D'une manière entièrement générale, les progrès ou les reculs effectués sous l'action de forces motrices quelconques s'évaluent en formant les produits des forces par les longueurs des progrès ou des reculs estimés selon la ligne de direction des forces. »

La règle est donc bien claire, qui permet de passer du cas de la pesanteur au cas d'une force quelconque ; il est maintenant facile à Wallis de poser les fondements d'une Statique entièrement générale ; il lui suffit, à la suite des énoncés (3) où il formule les hypothèses sur lesquelles repose la Statique des corps pesants, d'ajouter ces mots : « Idem intellige, mutatis mutandis, de quacumque vi motrice ».

Ainsi se trouve formulé le principe fondamental de cette Statique où le géomètre anglais montre une profonde pénétration des écrits de ses prédécesseurs, aussi bien de Torricelli (4) que de Jordanus (5), de Tartaglia et de Guido-Ubaldo.

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. II, Prop. III.

(2) Id., *ibid.*, Pars prima, Cap. II, Prop. V.

(3) Id., *ibid.*, Propp. VI et VIII.

(4) Cf. : Id., *ibid.*, Cap. III, De libra, où se manifeste une évidente nfluence de Torricelli.

(5) Cf. : Id., *ibid* , Cap. III ; en particulier, voir la Prop. XIV et les deux scholies.

Pour tirer ce principe de celui qu'avait formulé Descartes, quelle besogne Wallis a-t-il dû accomplir ? Presque aucune. Il lui a suffi d'expliciter certaines affirmations qui demeuraient implicites dans l'essai du grand philosophe, de produire certaines généralisations dont la nécessité était évidente de prime abord.

D'autre part, lorsque Jean Bernoulli voudra énoncer le principe des déplacements virtuels, quelle transformation devra-t-il faire subir au postulat de Wallis ? Presque aucune. Ce que Wallis considère lorsqu'il veut évaluer la tendance d'une force à produire un mouvement déterminé, c'est ce que l'on a nommé depuis le *moment virtuel* ou le *travail virtuel* de cette force ; c'est par l'égalité entre la somme des moments virtuels positifs et la somme des moments virtuels négatifs qu'il caractérise l'équilibre.

Assurément, en ses énoncés, Wallis considère des déplacements virtuels finis, qu'il suppose rectilignes ; il suppose que les forces sont constantes en grandeur et en direction. Mais déjà, il entrevoit les procédés infinitésimaux qui permettront de se débarrasser de ces entraves ; il reconnaît (1), comme Descartes l'avait déjà reconnu avant lui, qu'une trajectoire curviligne peut être remplacée par sa tangente, une surface courbe sur laquelle le poids s'appuie par son plan tangent ; il aperçoit (2) l'artifice analogue qui permettra de considérer des forces variables en grandeur et en direction.

Lorsque Jean Bernoulli voudra donner sa formule définitive au principe des déplacements virtuels, il lui suffira de réunir les énoncés épars dans le traité de Wallis et de les revêtir de la forme infinitésimale.

C'est donc par une simple nuance que le principe de Wallis se distingue de celui de Descartes ; c'est par une nuance moins perceptible encore que la formule de Jean Bernoulli se sépare de la formule de Wallis. Or, trente-

(1) Johannis Wallis *Mechanica*, Pars prima, Cap. II, Prop. XV.
(2) Id., *ibid.*, Prop. XVII. Scholium.

deux années se sont écoulées entre la lettre de Descartes à Constantin Huygens et la Statique de Wallis, tandis que quarante-huit ans séparent la publication de cette Statique de la lettre que Jean Bernoulli écrivit à Varignon. Tant est lent et pénible le progrès de la vérité en la science humaine !

4. *Les grands traités de Statique de l'École jésuite — Le P. De Challes (1621-1678) — Le P. Paolo Casati (1617-1707)*

Composé suivant les règles d'une logique trop savante et trop compliquée, borné d'ailleurs à l'étude des machines les plus simples, le traité de Wallis n'était point propre à satisfaire les désirs de la plupart des physiciens ou des artisans.

« Les traitez, écrivait (1) le P. Pardies en 1673, qu'on a publiez des loix du mouvement, de la résistance des corps, de la force des percussions, de l'équilibre des liqueurs, de la dureté, de la pesanteur, et beaucoup d'autres, sont asseûrement des ouvrages dignes de la subtilité de leurs auteurs, et de la politesse du siècle ; mais après tout, on ne peut pas dire que ce soit là une Méchanique. Ce sont de belles parties, mais elles ne sont pas un corps, puisque ce sont des productions de divers Auteurs, qui ont eû diverses veûës, qui n'ont point concerté ensemble, pour concourir à un même dessein, et qui même ont raisonné sur des principes differens.

» J'avais toûjours espéré que ce grand ouvrage de M. Wallis, que nous attendions depuis si longtemps, comprendrait tout ce qu'on peut souhaiter sur ce sujet ;

(1) *La Statique ou la science des forces mouvantes*, par le P. Ignace Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus. Paris, chez Sebast. Mabre-Cramoisy, Imprimeur du Roy, Ruë St Jacques, aux Cicognes, MDCLXXIII. Préface.

et je n'en doutois presque plus, quand je vis trois grands tomes in-4° sous le titre de *Méchanique* et de *Science du Mouvement*. Mais j'ay trouvé que cet Ouvrage excellent en soy et admirable, est plus propre à contenter ceux qui sont déjà consommez dans cette science, qu'à instruire ceux qui veulent l'apprendre ; car outre qu'il s'en faut bien qu'il ne comprenne tout, il est écrit d'une manière si sçavante et si géométrique qu'il y a fort peu de personnes capables de le comprendre. »

A l'époque où le P. Pardies écrivait ces lignes, le désir de posséder un traité de Mécanique à la fois aisé et complet, était si commun et si vif que Louis XIV et Colbert s'en émurent ; en 1675, ils entretinrent l'Académie des Sciences de ce désir et la pressèrent d'y donner satisfaction:

« Le Roi (1) voulut que l'Académie travaillât incessamment à un Traité de Méchanique, où la Théorie et la Pratique fussent expliquées d'une manière claire et à la portée de tous ; on devoit cependant séparer de la Théorie tout ce qui pouvoit appartenir de trop près à la Physique, tout ce qui pouvait faire naître de la dispute, on devoit la renfermer dans une espèce d'Introduction à tout l'Ouvrage. On décriroit ensuite dans l'Ouvrage même toutes les Machines en usage dans la Pratique des Arts, soit en France, soit dans les Pays Étrangers.

» Ce fut ce que M. Colbert fit sçavoir par M. Perrault à l'Académie, le 19 Juin de cette année. La Compagnie fit dans le cours de quelques Assemblées ses Réflexions sur ce sujet ; et M. Du Hamel fut chargé de rendre compte à M. Colbert du résultat des Ecrits de chacun. MM. Picard, Hughuens, Mariotte et Blondel travaillèrent de concert aux Préliminaires ; MM. de Roberval et Roëmer traittèrent aussi cette Matière en particulier ; on chargea M. Buot de dresser le Catalogue des Machines,

(1) HISTOIRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES. Tome I : Depuis son établissement en 1666 jusqu'à 1686. Paris, MDCCXXXIII, p. 199.

et d'en faire faire les Desseins ; on lui donna pour aides M. Couplet, et MM. Pasquier et Du Vivier. »

L'ouvrage demandé à l'Académie ne vit jamais le jour, que je sache ; mais les traités de Mécanique rédigés par des particuliers se pressèrent, de plus en plus nombreux.

Ces traités, malheureusement, n'étaient point seulement fort nombreux ; ils étaient souvent fort médiocres. Parmi leurs auteurs, les uns, préoccupés de ne rien omettre, mais peu soucieux de l'unité, ramassaient pêle-mêle et sans choix tout ce qui avait été dit sur la Statique ; d'autres, au contraire, par une critique pointilleuse et malveillante, rejetaient même les vérités les plus sûres et les principes les plus féconds.

C'est un ouvrage (1) d'aspect imposant et antique que le *Cours ou Monde Mathématique* du P. Claude François Milliet Dechales ou De Challes. Les déductions et les discussions s'y poursuivent selon la méthode lente, sévère et rigoureuse de la Scolastique.

En ces discussions aux formes péripatéticiennes, on devine la continuelle influence de très vieux auteurs ; non seulement le *Synopsis* de Mersenne a été mis à contribution (2), mais à chaque instant, on retrouve des allusions au traité du Précurseur de Léonard de Vinci, au *Jordani Opusculum de ponderositate* édité par Curtius Trojanus ; ici (3), le savant Jésuite réfute l'opinion de cet auteur

(1) R. P. Claudii Francisci Milliet Dechales, Camberiensis, e Societate Jesu, *Cursus seu Mundus mathematicus*. Tomus secundus, complectens Geometriam practicam, Staticam, Geographiam, Tractat. de Magnete, Architectonicam civilem, Artem tignariam, et Tractat. de Lapidum sectione. — Editio altera, ex manuscriptis Authoris aucta et emendata, operâ et studio R. P. Amati Varein, ejusdem Societatis. — Lugduni, apud Anissonios, Joan. Posuel et Claud. Rigaud. MDCLXXXX.

La première édition, en deux volumes, du *Cursus seu Mundus mathematicus* parut à Lyon en 1674 ; je n'ai pu la consulter.

(2) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica, seu de Gravitate Terræ. Liber octavus : Proprietates centri gravitatis et lineæ directionis.

(3) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber Primus : De vera causa et principio augmenti potentiæ per machinam.

touchant l'influence que le milieu exerce sur le mouvement des projectiles ; là (1), il lui emprunte la démonstration de la règle du levier ou certaines propositions (2) touchant la balance.

Il est vrai que le P. De Challes rajeunit parfois d'assez étrange façon les emprunts qu'il fait à d'anciens mécaniciens ; ce qu'il prend dans leurs œuvres, il l'attribue volontiers à quelques-uns de ses contemporains qui sont ses confrères ou ses amis.

Ainsi la démonstration de la loi du levier composée par Stevin et par Galilée, à l'imitation d'un raisonnement connu dès le XIIIe siècle, est donnée (3) par le P. De Challes comme étant du P. Léotaud (1595-1672), son confrère en la Société de Jésus. La réduction du problème du plan incliné au problème du levier, effectuée par Galilée dès ses premiers travaux, conservée par Roberval, reprise en sens inverse par Descartes, est (4) « de mon ami, M. Reynaud, homme fort versé aux mathématiques ».

Le Principe de Statique admis par le P. De Challes est exactement celui qu'Aristote postule en ses *Quæstiones mechanicæ ;* mais au cours de son exposé, ce principe se transforme peu à peu comme il s'est transformé dans les écrits de Galilée.

Pour évaluer l'effet mécanique d'un poids, il faut connaître sa *quantité de mouvement* ; « cette quantité de mouvement s'obtient (5) en multipliant le nombre des parties du poids par la vitesse ; et comme nous ne con-

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus.* Tractatus nonus : Statica, seu de Gravitate Terræ. Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis et funependulis : Definitiones — Liber quartus : De æquiponderantibus. Propositio IV.

(2) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica, seu de Gravitate Terræ Liber quartus : De æquiponderantibus. Prop. XV.

(3) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber primus : De vera causa et principio augmenti potentiæ per machinam, p. 168.

(4) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica seu de Gravitate Terræ. Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis et funependulis. Propositio VIII.

(5) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber primus : De vera causa et principio augmenti potentiæ per machinam. Prop. XVII.

naissons ni ne mesurons la vitesse autrement que par l'espace parcouru dans un temps déterminé, pour connaître la quantité de mouvement, il nous faudra multiplier le nombre des parties du poids par l'espace parcouru... »

Si, en une machine, deux poids s'opposent l'un à l'autre « de telle manière qu'il se trouve en chacun d'eux même quantité de mouvement, il y a équilibre ».

« Deux mobiles sont donc égaux en force (1) lorsque leurs grandeurs sont en raison inverse de leurs vitesses. » En sorte qu'« aucune machine n'augmente les forces de la puissance (2) ». « Si les forces de la puissance peuvent s'appliquer à un plus grand poids (3), c'est que la quantité de mouvement est diminuée dans le poids ou augmentée dans la puissance. » Donc « autant les forces de la puissance (4) sont accrues par la machine, autant est accru le rapport du mouvement de la puissance au mouvement du poids. »

Le principe qui vient d'être énoncé ne tarde pas à être mis en défaut si on ne le modifie ; ce n'est point la vitesse même d'un poids qui doit figurer dans le calcul de la résistance de ce poids, mais seulement la composante verticale de cette vitesse ; les observations les plus obvies signalent la nécessité de cette correction ; celle-ci, par exemple, qu'une même puissance, normale à un même levier, soutient un moindre poids lorsque le levier est horizontal que lorsqu'il est oblique (5). Il semble (6) que notre auteur ait surtout puisé l'intelligence de cette correction que réclame l'axiome d'Aristote en étudiant la

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus*, loc. cit., Prop. XIX.
(2) *Ibid.*, loc. cit., Prop. XVIII.
(3) *Ibid.*, loc. cit., Prop. XVII.
(4) *Ibid.*, loc. cit., Prop. XIV.
(5) *Ibid.* Tractatus octavus : Mechanica. Liber secundus : De vecte. Propositio X.
(6) *Ibid.* Tractatus nonus : Statica seu de Gravitate Terræ. Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis et funependulis. Definitiones.

première déduction où il en ait été fait usage, la démonstration de la règle du levier donnée par Jordanus de Nemore. Cette démonstration est, d'ailleurs, adoptée par le P. De Challes en sa théorie de la balance (1).

Du reste, fidèle en cela à la Dynamique péripatéticienne, c'est toujours la vitesse d'ascension ou de descente d'un grave, et non la hauteur dont il monte ou descend, que le P. De Challes considère dans ses raisonnements ; aussi sa théorie du plan incliné est-elle celle de Galilée (2), et non point celle de Descartes.

Cette théorie débute par une curieuse proposition (3), difficile à concilier avec celles qui la suivent. Le P. De Challes cherche pourquoi une sphère roule d'autant moins vite sur un plan que ce plan est moins incliné ; il en trouve la raison dans le contrepoids formé par une partie de la sphère ; son raisonnement rappelle les déductions de Pappus et, plus encore, celles de Léonard de Vinci et de Bernardino Baldi.

La méthode par laquelle il traite (4) la composition des forces concourantes rappelle également de très près celle que Léonard avait un instant adoptée. De Challes suppose que deux cordes concourantes soutiennent un poids et il se propose de déterminer la tension de chacune d'elles. Dans ce but, il remplace celle des deux cordes dont il ne calcule pas la tension par une barre rigide mobile autour d'un de ses points ; la solution du problème est alors immédiate.

Comme Guido-Ubaldo, Villalpand et Mersenne, notre auteur admet (5) que « le centre de gravité d'aucun corps

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus.* Tractatus nonus : Statica. Liber quartus : De æquiponderantibus. Propositio IV.

(2) *Ibid.* Liber tertius : De descensu gravium in planis inclinatis. Prop. II.

(3) *Ibid.*, loc. cit., Prop. I.

(4) *Ibid.*, loc. cit., Propp. X et XI.

(5) *Ibid.* Liber octavus : Proprietates centri gravitatis et lineæ directionis. Prop. I.

ne peut monter si ce n'est violemment ». Il fait l'application de ce principe aux exemples mêmes que Mersenne a cités, et qui sont de Léonard.

Ce principe, il le justifie par des raisonnements semblables à ceux de Villalpand, sans invoquer la sympathie du centre de gravité pour le centre commun des graves. Ce n'est pas que cette sympathie — si bien réfutée cependant, et depuis un demi-siècle — lui semble absurde ; témoin ce curieux passage (1) :

« *En tout corps grave, il existe un certain centre de gravité...* Le P. Léotaud s'est efforcé de prouver cette proposition, en partant de cette opinion commune, admise chez les Péripatéticiens : Le centre de l'Univers ou, si l'on veut, le centre de la Terre — peu importe — est le centre de tous les graves ; ils y sont tous portés par leur pesanteur et ils y demeurent en repos. Démonstration : Chaque grave se porte de tout son effort vers le centre de l'Univers de telle sorte que si l'on supprimait tout obstacle, il se dirigerait vers ce centre et y demeurerait. Mais il ne pourrait jamais demeurer en repos s'il n'existait à l'intérieur de ce corps un certain point ou centre de gravité, tel que le corps cesse de se mouvoir lorsque ce point coïncide avec le centre de l'Univers... Cette démonstration est bonne, mais nous verrons si l'on ne peut rien dire de plus convaincant. »

Le P. De Challes, en effet, n'est point sans éprouver quelques doutes à l'endroit des propriétés que les anciens attribuaient au centre de l'Univers ; il pense (2) que les graves, dans leur chute, pourraient bien chercher à s'unir non point au centre même de la Terre, mais à un noyau intérieur, qui serait lui-même dénué de pesanteur. Combien naïve et vieillotte paraît cette hypothèse, si l'on

(1) *Cursus seu Mundus mathematicus.* Tractatus nonus : Statica. Liber quartus : De æquiponderantibus. Petitio IV.

(2) *Ibid.* Liber primus : Digressiones physicæ. Digressio X.

songe qu'au moment où notre auteur l'émettait, Newton possédait déjà les fondements du système de la gravitation universelle !

Cette même impression de naïveté sénile se dégage de tout ce que le P. De Challes a écrit sur la Statique ; les découvertes quelque peu récentes, les idées quelque peu neuves semblent n'avoir pu trouver accès dans son système. Mais s'il ne rapporte presque rien qui ne sente son vieux temps, du moins conserve-t-il ce que les anciennes traditions avaient de précieux. Les puissantes pensées de Descartes et de Wallis sur la méthode des déplacements virtuels sont demeurées pour lui lettre morte ; du moins a-t-il gardé de cette méthode tout ce que Galilée en avait écrit. Un grave est en équilibre lorsque le centre de gravité est le plus bas possible ; il ne donne pas à ce principe la forme précise sous laquelle l'ont mis Torricelli et Pascal ; du moins le présente-t-il tel que l'ont exposé Cardan, Villalpand et Mersenne. Le respect extrême que notre auteur professe pour la tradition le rend peu accessible aux vérités nouvelles ; mais il en fait un conservateur jaloux des vérités anciennes.

S'il est, d'ailleurs, un lieu où l'on doive rencontrer le respect de la tradition, c'est assurément au sein d'un ordre religieux fortement constitué ; or le P. De Challes était Jésuite ; son ouvrage prend place en la longue série des écrits par lesquels la Compagnie de Jésus s'est efforcée, au XVIIe siècle, de donner à la Statique une organisation logique.

A l'origine de ces efforts se placent les traités du P. Zucchi et du P. Honoré Fabri ; ces traités, non moins que l'enseignement donné par leurs auteurs soit au Collège Romain, soit au Collège que la Compagnie de Jésus possédait à Lyon, ont exercé une influence marquée sur les exposés de la Statique qui furent, ultérieurement, composés par des Jésuites.

Le P. Zucchi et le P. Fabri ont pris pour principe

fondamental de la Statique le principe des vitesses virtuelles sous la forme que lui avait donnée Galilée; cette forme offrait en effet, à leurs yeux, un singulier avantage; elle permettait de souder les lois découvertes par les staticiens modernes aux principes de la Mécanique péripatéticienne ; et l'on sait combien les Jésuites du XVIe et du XVIIe siècle ont attaché de prix à cette œuvre synthétique où la Physique d'Aristote, soigneusement maintenue en tous ses principes essentiels, se trouvait enrichie de toutes les acquisitions de la Science nouvelle.

Ce désir d'être à la fois péripatéticien fidèle et mécanicien très informé de la science de son temps animait assurément le P. De Challes ; il l'avait conduit à fonder sa Statique sur le principe que le P. Zucchi et le P. Honoré Fabri avaient adopté. Ce même désir anime le P. Paolo Casati ; il lui fait adopter le même parti.

Le P. Paolo Casati, de Plaisance (1617-1707), avait débuté dans la Mécanique, en 1655, par un curieux ouvrage intitulé : *Terra machinis mota* (1) ; une seconde édition, plus complète, de cet ouvrage parut en 1658 (2).

En cet écrit, trois interlocuteurs, auxquels le P. Casati a donné les noms de Galilée, de Mersenne et de Guldin, commentent le mot célèbre d'Archimède : « Donnez-moi un point d'appui et j'ébranlerai le Monde ». Ils s'efforcent de prouver que cette parole n'est point seulement une vaine jactance.

Stevin avait déjà émis une opinion analogue; l'influence de Stevin est d'ailleurs visible dans le curieux dialogue

(1) *Terra machinis mota ejusque gravitas et dimensio. Dissertationes duæ quas... publice exposuit... Antonius Comes de Montfort.* Authore Paulo Casato e Societate Jesu. Romæ, typis hæredum Corbeletti, MDCLV.

(2) *Terra machinis mota. Dissertationes geometricæ, mechanicæ, physicæ, hydrostaticæ, in quibus machinarum conjugatarum vires inter se comparantur; multiplici nova methodo Terræ magnitudo et gravitas investigatur; Archimedes Terræ motionem spondens ab arrogantiæ suspicione vindicatur.* Authore Paulo Casato, e Societate Jesu. Romæ, ex typographia Ignatii de Lazaris, MDCLVIII.

composé par le P. Casati ; le guindeau y est nommé *pancratium* ; c'est précisément le nom proposé par Stevin, au passage même où il discute la proposition attribuée à Archimède.

Il est une autre influence dont nous pourrions, si nous en avions le loisir, relever les traces en divers passages du *Terra machinis mota* ; cette influence est celle de Léonard de Vinci. Assurément, l'enseignement de la Mécanique que les Jésuites donnaient dans leurs Collèges contenait de nombreux emprunts aux notes du grand peintre ; l'étude du *Cursus mathematicus* du P. De Challes nous a déjà révélé quelques-uns de ces emprunts ; nous pourrions, au *Terra machinis mota*, en signaler d'autres qui ont trait à certaines théories hydrostatiques ; d'autres encore s'offriront plus tard à nos remarques.

Les dialogues intitulés *Terra machinis mota* n'importent guère à la coordination des principes de la Statique ; c'est en un autre livre que le P. Casati a travaillé à cette coordination. Ce nouveau livre ne fut imprimé qu'en 1684 (1) ; mais en son avis *ad lectorem*, l'auteur nous apprend que dès l'année 1655, il en avait remis un résumé manuscrit à ses auditeurs du Collège Romain. L'écrit du P. Casati serait donc plus ancien que celui du P. De Challes ; entre ces deux écrits, on peut, d'ailleurs, établir de nombreux rapprochements ; non seulement ils procèdent du même esprit, mais, bien souvent, ils usent des mêmes démonstrations.

Le premier livre (2), consacré au centre de gravité, est en très grande partie emprunté à Bernardino Baldi, à Villalpand et à Mersenne, c'est-à-dire, en dernière analyse, à Léonard de Vinci. D'ailleurs, il semble parfois

(1) R. P. Pauli Casati Placentini, Societ. Jesu, *Mechanicorum libri octo, in quibus uno eodemque principio vectis vires physice explicantur et geometrice demonstrantur, atque machinarum omnis generis componendarum methodus proponitur*. Lugduni, apud Anissonios, Joan. Posuel et Claudium Rigaud, MDCLXXXIV.

(2) Id., *ibid.* Liber primus : De centro gravitatis.

que le P. Casati éprouve, en ses *Mecanicorum libri*, comme en ses précédents ouvrages, l'influence directe de Léonard ; une certaine suspension à galets (1), qui permet de sonner sans peine une lourde cloche, paraît presque textuellement extraite des notes du grand peintre (2). L'étude de la station des animaux, reproduite d'après ceux qui se sont inspirés de Léonard (3), donne occasion à l'auteur de formuler la loi du *polygone de sustentation* ; il semble même que le P. Casati soit le premier mécanicien qui ait fait usage de cette dénomination.

C'est en ce même livre que l'auteur traite (4) de la pesanteur apparente d'un grave placé sur un plan incliné ; pour déterminer cette pesanteur apparente, il raisonne à peu près exactement comme le P. Honoré Fabri ; « la pesanteur du corps sur le plan incliné est à sa pesanteur le long du plan vertical comme la résistance qu'il éprouve à monter suivant un de ces plans est à la résistance qu'il éprouve à monter suivant l'autre ; mais ces résistances sont entre elles comme les violences que le corps subit en ces mouvements », et ces violences sont en raison inverse des chemins que le corps doit parcourir en ces deux plans pour s'élever d'une même hauteur.

Casati distingue, d'ailleurs, entre la pesanteur apparente du corps placé sur un plan incliné *(gravitatio in plano inclinato)* et la pression qu'il exerce sur ce plan *(gravitatio in planum inclinatum)* ; l'analyse de Stevin lui eût permis de déterminer exactement cette dernière force ; mais il ne fait point appel à cette analyse ; renouvelant une erreur de Descartes, il formule (5) la proposition

(1) P. Casati, *Mecanicorum libri octo* ; lib. II, Cap. I, p. 130.

(2) *Les Manuscrits de Léonard de Vinci*, Ms. I de la Bibliothèque de l'Institut, fol. 57 [9], verso.

(3) P. Casati, *Mecanicorum libri octo* ; liber primus : De centro gravitatis ; Cap. XI : Quomodo animalium motus ordinentur ex centro gravitatis.

(4) Id., *ibid.* ; Cap. XIII : Quâ ratione minuatur gravitatio in plano inclinato.

(5) Id., *ibid.* ; Cap. XIV : Quâ ratione corpus gravitet in planum inclinatum ; p. 88.

suivante : « Nous connaissons, par le Chapitre précédent, la puissance de la pesanteur du corps placé sur le plan incliné ; la différence entre la pesanteur du corps suivant le plan vertical et cette pesanteur du même corps placé sur le plan incliné est la mesure de l'obstacle apporté au mouvement du corps par le plan sous-jacent ; c'est donc aussi la mesure de la pression que le corps exerce sur ce plan. »

Au problème du plan incliné se ramène (1) la détermination du moment d'un poids fixé à une extrémité d'un bras de levier dont l'autre extrémité peut tourner autour du point d'appui ; ce moment est égal à la pesanteur apparente qu'aurait le même poids posé sur un plan normal au bras de levier ; l'artifice qui permet de passer d'un problème à l'autre est celui-là même qu'avait employé Descartes, celui dont Galilée et Roberval avaient usé en sens inverse.

Ce problème résolu, Casati passe (2) à la détermination des tensions de deux cordes qui portent un poids ; il l'obtient en suivant exactement la même marche que De Challes.

Les solutions des diverses questions de Statique qui ont été examinées au livre Ier ont été tirées de postulats relatifs aux propriétés du centre de gravité ; ces postulats n'ont pas été ramenés aux lois générales du mouvement ; en son second livre (3), Casati se propose de déduire des principes de la Dynamique la théorie des diverses machines.

Les principes de Dynamique qu'expose notre auteur ont la plus grande affinité avec ceux qu'a formulés le P. Fabri ; ils reposent (4) en entier sur la considération

(1) P. Casati, *Mecanicarum libri octo* ; liber primus : De centro gravitatis ; Cap. XV : Inquiruntur rationes gravitationis corporum suspensorum ; p. 95.

(2) Id., *ibid.*, p. 100.

(3) Id., *ibid.* ; liber secundus : De causis motus machinalis.

(4) Id., *ibid.* ; Cap. II : Impetûs motum proxime efficientis natura explicatur ; p. 142.

d'un *impetus* proportionnel au produit du poids du corps mis en mouvement par la vitesse de ce mouvement.

Cette notion joue un rôle essentiel dans l'énoncé du principe sur lequel repose toute machine ; cet énoncé, Casati l'emprunte (1) encore presque textuellement à Fabri :

« Tout l'artifice de la Mécanique consiste donc à distribuer ses instruments de telle manière et à placer la puissance et la charge en de tels points que la puissance se meuve plus vite que la charge ; si l'on tient compte du rapport de leurs mouvements, on saura déterminer la puissance qui est capable de mouvoir une charge donnée ou la charge que peut lever une puissance donnée ; il faut, en effet, pour que ce mouvement soit possible, que le rapport de la puissance au poids de la charge surpasse le rapport du mouvement de la charge au mouvement de la puissance. La machine n'augmente pas les forces de la puissance. elle ne diminue pas le poids de la charge ; elle accommode simplement la résistance du poids à la vertu de la puissance.

» Cette loi a une cause physique. L'*impetus* produit par la puissance aurait, pour mouvoir un fardeau égal à la puissance, avec la même vitesse que la puissance, une intensité trop grande ; il a une intensité moindre lorsqu'il s'agit de mouvoir plus lentement un fardeau plus grand ; mais cette intensité suffit, en raison de la résistance plus faible...

» On voit donc qu'une sorte de justice règne sans cesse entre les forces de la puissance, la pesanteur de la charge, les espaces parcourus par les mouvements et les durées de ces mouvements ; là où les forces de la puissance diminuent, où la pesanteur de la charge augmente, les espaces parcourus par la charge deviennent plus courts et les durées de ces parcours plus longues ; en revanche, les

(1) P. Casati, *Mecanicorum libri octo* ; liber secundus : De causis motus machinalis ; Cap. V : In quo machinarum vires sitæ sint ; pp. 171-172.

espaces parcourus par la puissance deviennent plus longs, car cette puissance plus faible doit se mouvoir plus rapidement que la charge. Si donc on veut soulever un fardeau plus lourd, on doit augmenter la puissance ou bien, si l'on veut garder une puissance invariable, on doit soit diminuer le mouvement de la charge, soit augmenter le mouvement de la puissance ; avec une petite puissance, on ne saurait mouvoir rapidement un grand poids. »

C'est la Statique d'Aristote, et non celle de Galilée, qu'exposent ces divers passages ; mais le P. Casati n'ignore pas la modification que l'étude du plan incliné a contraint le géomètre de Pise d'apporter au principe péripatéticien ; nous l'avons vu reproduire une solution exacte de ce problème du plan incliné ; aussi, en toutes circonstances, ce qu'il introduit dans ses calculs, ce n'est pas la vitesse même du poids mis en branle, mais la projection de cette vitesse sur la verticale.

Les mécaniciens de l'École Jésuite, le P. Zucchi et le P. Honoré Fabri, comme le P. De Challes et le P. Casati, ont assurément bien connu l'œuvre de Descartes ; néanmoins, ils n'ont pas adopté la méthode par laquelle ce grand philosophe voulait que la Statique fût traitée. Qu'ils se soient refusés à suivre cette méthode, on le comprend sans peine ; son objet propre, en effet, était de rompre tout lien entre la Statique enfin constituée et la loi essentielle de la Dynamique péripatéticienne ; l'intention formelle des géomètres Jésuites, au contraire, était de souder intimement la moderne Science de l'équilibre aux principes de la Mécanique d'Aristote ; comment ne se fussent-ils point ralliés à la méthode de Galilée qui, si directement, découlait des axiomes postulés aux *Physiques*, au *De Cœlo*, aux *Questions mécaniques* ? qui cependant, dans la pratique, donnait exactement les mêmes corollaires que la méthode Cartésienne, et par les mêmes calculs ?

S'ils ont donc méconnu la notion de *travail*, dont la

nature et l'importance avaient apparu de plus en plus clairement depuis Jordanus jusqu'à Descartes, du moins ont-ils conservé en sa plénitude le procédé des vitesses virtuelles, issu de la Physique d'Aristote et transformé par Galilée, sous l'influence des découvertes dues à l'École de Jordanus. L'École Jésuite de Mécanique sauvegardait donc une bonne part des idées fécondes qu'avait engendrées l'antique Science *De ponderibus*.

5. *La réaction contre les méthodes des vitesses virtuelles et des travaux virtuels : Jacques Rohault* (1620-1675) — *Le P. Pardies* (1636-1673) — *Les* TRAITEZ *du P. Lamy* — *Le* DE MOTU ANIMALIUM *de Borelli*

Ces vérités anciennes, nous allons les voir grossièrement méconnues, brutalement chassées du domaine de la Statique. Déjà, au XVIe siècle, nous avions vu Guido-Ubaldo, Benedetti et Stevin mener une violente réaction contre les idées fécondes que contenaient en germe les enseignements de l'École de Jordanus. Cette même réaction, nous la retrouvons à la fin du XVIIe siècle, aussi radicale en ses exclusions qu'au XVIe siècle, mais bien moins justifiée, car l'École de Jordanus s'appelle maintenant l'École de Descartes et de Wallis.

Dans cette exclusion de toute démonstration qui invoquât la méthode des déplacements virtuels, de toute comparaison entre le travail de la puissance et le travail de la résistance, nul ne fut plus absolu que Jacques Rohault ; il faudrait remonter à Benedetti pour trouver un auteur qui eût passé aussi exactement sous silence toute considération de cette nature.

Élève et ami de Cyrano de Bergerac, qu'il détacha du système de Gassendi pour l'amener à la Cosmologie cartésienne, Rohault avait trouvé dans les papiers de Cyrano

le plan (1) de divers chapitres d'un traité de Physique ; il composa et publia le traité complet (2) qui eut grande vogue, et demeura classique jusqu'au milieu du XVIIIe siècle.

De son vivant, Rohault ne publia rien qui eût rapport à la Statique ; mais il en traita dans ses cours ; et ses cours, d'une diction claire et élégante, accompagnés de démonstrations expérimentales habiles, étaient très fréquentés. « Les conférences publiques qu'il faisoit (3) une fois toutes les semaines, où se trouvoient des personnes de toutes sortes de qualitez et conditions, prélats, abbez, courtisans, docteurs, médecins, philosophes, géomètres, régens, escoliers, provinciaux, estrangers, artisans, en un mot des personnes de tout âge, de tout sexe, et de toute profession, et où il prononçoit presque autant d'oracles, qu'il faisoit de réponses aux difficultez qui lui estaient proposées par toutes sortes de personnes, l'avaient mis dans une si grande réputation, qu'il s'en est trouvé plusieurs, les uns par curiosité, pour se donner la satisfaction de l'entendre, les autres par jalousie, pour juger de sa doctrine et tâcher de la combattre, qui ont quitté leur païs, et entrepris de grands voyages. »

Par ces conférences, la méthode selon laquelle Rohault exposait la Statique fut bientôt connue ; et l'on en peut noter l'influence en des écrits qui parurent plusieurs années avant qu'elle ne fût elle-même imprimée.

Nous la possédons aujourd'hui dans les *Œuvres post-*

(1) Sous forme de deux fragments que l'on trouvera dans : Cyrano de Bergerac, *Histoire comique des états et empires de la lune et du soleil ou Voyage dans la lune.* Nouvelle édition par P. L. Jacob, Bibliophile. Paris, 1858. Ces deux fragments furent publiés pour la première fois, en 1662, dans les *Nouvelles œuvres* de Cyrano. Rohault était certainement l'auteur de cette publication et de la préface qui y fut mise.

(2) *Traité de Physique*, par Jacques Rohault. A Paris, chez la veuve de Charles Savreux, libraire juré, au pied de la Tour de Notre-Dame, à l'Enseigne des Trois Vertus. MDCLXXI.

(3) Préface mise par Clerselier aux *Œuvres posthumes* de son gendre Jacques Rohault.

humes de Rohault, que son beau-père Clerselier donna (1) en 1682.

Nous l'avons dit, on y chercherait en vain une allusion à la méthode des déplacements virtuels, qu'on la prît, d'ailleurs, sous la forme qui s'est modifiée d'Aristote à Galilée ou sous la forme qui s'est développée de Jordanus à Descartes et à Wallis. On n'y trouverait, non plus, aucune mention du principe du centre de gravité, si précisément formulé par Torricelli et par Pascal, ni du postulat de l'impossibilité du mouvement perpétuel, si habilement employé par Stevin. La loi du levier, établie par le procédé que Stevin et Galilée tenaient sans doute du Moyen Age, sinon de l'Antiquité, telle est la source unique dont découlent toutes les lois des « Méchaniques ». L'ordre de l'exposition, la sévérité et la clarté des déductions dissimulent mal l'aridité du fond, d'où l'on a arraché tout ce qui portait des semences fécondes.

Et cependant, l'auteur qui rejetait en un si complet oubli les pensées de Descartes touchant les « Méchaniques » était, en Physique, un fervent Cartésien. C'est lui qui écrivait, en la Préface de son *Traité de Physique* : « Celui qui a le plus contribué à la composition de cet Ouvrage, duquel cependant le nom ne se trouvera nulle part, parce qu'il l'eût fallu trop souvent répéter, est le célèbre M. Descartes, dont le mérite se faisant de plus en plus reconnoître chez plusieurs des principaux États, fera avouer à tout le monde, que la France est du moins aussi heureuse à produire et élever de grands hommes dans toutes sortes de professions, que l'a été l'ancienne Grèce. »

Il y a plus. En ce *Traité de Physique*, Jacques Rohault définissait (2) la notion de quantité de mouvement et

(1) *Œuvres posthumes* de M. Rohault. A Paris, chez Guillaume Desprez, rue St-Jacques, à S. Prosper, et aux Trois Vertus, au dessus des Mathurins. MDCLXXXII. — Traité des Méchaniques. pp. 479-594.

(2) Rohault, *Traité de physique*. Première partie, Chapitre X : Du mouvement et du repos.

montrait comment l'égalité des quantités de mouvement entraînait l'équilibre entre la puissance et la résistance, presque exactement dans les termes que De Challes allait adopter quelques années plus tard :

« Le mouvement a toûjours été reconnu comme une espèce de quantité, laquelle d'une part s'estime par la longueur de la ligne que le mobile parcourt... D'autre part, elle s'estime par le plus ou moins de matière qui se meut tout à la fois... Et de là il suit manifestement, qu'afin que deux corps inégaux ayent des quantités égales de mouvement, il faut que les lignes qu'ils parcourent soient entre elles en raison réciproque de leurs masses, comme si un corps est triple d'un autre, il faut que la ligne qu'il parcourt ne soit que le tiers de celle de l'autre.

» Quand deux corps appliquez aux extrémités d'une balance, ou d'un levier, sont entre eux en raison réciproque de leurs distances au point fixe, c'est une nécessité qu'en se mouvant ils décrivent des lignes qui soient entre elles en raison réciproque de leur masse.... Ainsi nous devons juger qu'ils seront dans un parfait équilibre. Ce qui doit servir de fondement à la Mécanique. »

Pourquoi Rohault, lorsqu'il écrivit son *Traité des Méchaniques*, prit-il un fondement tout autre, et n'accorda-t-il plus même une mention à celui-là ? Nous ne saurions le dire. Toujours est-il que son traité se trouva, par là, conforme à la mode du temps.

Les Cartésiens les plus fervents, comme Rohault, en étaient venus à passer sous silence le principe sur lequel Descartes voulait que fût fondée toute la Statique ; les adversaires du grand philosophe allaient plus loin ; ils combattaient ouvertement ce principe et les autres principes analogues.

Le P. Ignace Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus, était un ardent adversaire de Descartes. En son *Discours de la Connaissance des Bêtes* (1), publié à Paris,

(1) Ce discours, comme les autres écrits du P. Pardies dont nous aurons

chez Mabre-Cramoisy, en 1672, il combattait l'automatisme que le grand philosophe attribuait aux animaux ; en son *Discours du mouvement local*, donné par le même éditeur d'abord en 1670, puis en 1673, il niait les principes de la Dynamique cartésienne. Nous le voyons donc sans étonnement rejeter les fondements sur lesquels Descartes prétendait édifier la Statique.

La *Statique* (1) du P. Pardies est un livre fort peu original, bien qu'il semble avoir eu quelque vogue. Le début en est presque textuellement emprunté à Villalpand. La loi du levier, pompeusement annoncée par ces mots : « Voicy maintenant la plus importante proposition de la Statique », est établie par la démonstration qu'ont adoptée Stevin et Galilée, que Rohault et De Challes ont reproduite ; Pardies, d'ailleurs, s'exprime (2) à l'endroit de ce raisonnement comme s'il s'agissait d'une nouvelle invention : « Ceux qui ont connaissance de ce que disent sur ce sujet les interprètes ou les commentateurs d'Archimède pourront remarquer que, dans la démonstration que je viens de faire, on évite toutes les difficultez auxquelles est sujette la démonstration ordinaire. »

L'équilibre du levier coudé est traité (3) sous une forme qui rappelle les raisonnements de Benedetti ; d'ailleurs, au levier droit ou coudé se ramènent toutes les machines simples, telles que les poulies, le plan incliné, les assemblages de deux cordes qui soutiennent un poids ; les

à parler, est réimprimé dans les *Œuvres* du R. P. Ignace-Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus, contenant : 1. *Les élémens de Géométrie* ; 2. *Un discours du mouvement local* ; 3. *La Statique, ou la science des forces mouvantes* ; 4. *Deux machines propres à faire les quadrans* ; 5. *Un discours de la connaissence des bêtes*. Augmenté dans cette nouvelle édition d'une table pour l'intelligence des Élémens de Géométrie, selon Euclide. A Lyon, chez les Frères Bruyset, ruë Mercière, au Soleil. MDCCXXV.

(1) *La Statique ou la Science des forces mouvantes*, par le P. Ignace-Gaston Pardies, de la Compagnie de Jésus. Paris, chez Sebast. Marbre-Cramoisy, Imprimeur du Roy, ruë St Jacques, aux Cicognes. MDCLXXIII. Seconde édition, MDCLXXIV.

(2) Id., *ibid.*, p. 40.

(3) Id., *ibid.*, p. 42.

tensions de ces cordes sont déterminées (1) par l'artifice même qu'ont employé De Challes et Casati.

Incidemment, le P. Pardies écrit (2) : « Dans toutes ces forces mouvantes, on peut remarquer que le mouvement perpendiculaire que font les poids en même temps pour monter ou pour descendre est toujours réciproquement proportionnel aux mêmes poids ». A l'appui de cette proposition, il cite l'exemple du levier et reproduit la figure que De Challes avait presque exactement copiée dans le traité de Jordanus de Nemore.

Mais de cette proposition, le P. Pardies se garde bien de faire le fondement qui doit porter la Statique ; il veut que la Statique repose sur de tout autres principes et que cette proposition soit réduite au rôle de corollaire : « Aussi, dit-il (3), quelques-uns en ont fait un principe pour démontrer la raison de toutes les forces mouvantes ; et il semble bien évident qu'il ne faut ny plus ny moins de force pour porter un poids de cent livres à un pied de haut que pour en porter un d'une livre à cent pieds de haut : de sorte qu'un poids d'une livre descendant de la hauteur de cent pieds contreballancera à un poids de cent livres dans la hauteur d'un pied. Ce principe a quelque chose qui ne satisfait pas si parfaitement l'esprit, qu'il suffise pour faire des démonstrations. Il est néanmoins très véritable, et après les démonstrations que je viens de faire touchant les Forces Mouvantes, on peut le mettre hardiment comme indubitable. »

Si le P. Pardies se refuse à suivre Descartes et à faire de la proposition de Jordanus le postulat essentiel de la Statique, il n'en a pas moins exactement saisi les liens de cette proposition avec l'impossibilité du mouvement perpétuel. Ce qu'il dit (4) pour montrer que « le mouvement

(1) Pardies, *loc. cit.*, pp. 110 et seqq.
(2) Id., *ibid.*, p. 99.
(3) Id., *ibid.*, p. 101.
(4) Id., *ibid.*, p. 102.

perpétuel par méchanique est impossible » n'est évidemment qu'un commentaire, d'ailleurs clair et exact, de ce que Cardan avait écrit dans le *De subtilitate* : « D'où l'on peut faire voir que ceux-là perdent leur temps, qui cherchent le moyen de faire le mouvement perpétuel par la Statique. Pour cela, il faudroit nécessairement que de certains corps descendissent, et que d'autres montassent, en sorte que les mêmes qui sont une fois montez, soient aussi ceux qui descendent après, pour perpétuer ainsi le mouvement, par une succession et une circulation continuelle. Mais il est manifeste que dans ces rencontres, tout ce qui descend, doit monter. Si ce qui doit monter est égal à ce qui doit descendre en même temps, il n'est pas possible que le mouvement se fasse de luy-même, puisqu'un poids égal ne peut pas de cette sorte en surmonter un autre égal. Si ce qui descend est plus grand que ce qui monte en même temps, il faut nécessairement que la vîtesse de ce qui descend soit à proportion plus petite, en sorte que comme le poids qui descend est à celuy qui monte, ainsi soit la vîtesse de celuy qui monte à la vîtesse de celuy qui descend ; autrement, la succession ne pourroit pas être perpétuelle, et il monteroit plus de corps qu'il n'en descendroit, ou au contraire, il en descendroit plus qu'il n'en monteroit ; et ainsi la machine seroit bientost épuisée. Que si la vîtesse de ce qui descend est à la vîtesse de ce qui monte en raison réciproque des poids des corps, il y aura équilibre et rien ne bougera. »

La Statique (1) du P. Lamy, prêtre de l'Oratoire, n'est

(1) *Traitez de Méchanique, de l'équilibre des solides et des liqueurs*, où l'on découvre les causes des effets de toutes les machines dont on mesure les forces d'une manière particulière ; on y en propose aussi quelques nouvelles. Par le P. Lamy, prestre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë Saint Jacques, à l'Occasion. MDCLXXIX. — *Traitez de Méchanique, de l'équilibre des solides et des liqueurs*. Nouvelle édition. Où l'on ajoûte une nouvelle manière de démontrer les principaux théorèmes de cette science. Par le P. Lamy, prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez André Pralard, ruë S. Jacques, à l'Occasion. MDCLXXXVII. Cette seconde édition n'est en réalité que la première, dont on a changé le faux titre et à laquelle

guère originale ; comme celle du P. Pardies, et peut-être plus qu'elle, elle rappelle le *Traité* de De Challes ; comme elle, elle débute par les théorèmes de Villalpand ; comme elle, elle donne de la loi du levier la démonstration qu'ont adoptée Stevin et Archimède.

Mais le P. Lamy va encore plus loin que le P. Pardies dans la voie critique où celui-ci s'est engagé. Ni le postulat d'Aristote et de Galilée, ni le postulat de Descartes ne semblent au savant Oratorien propres à fonder une Statique ; ce sont des corollaires des lois de l'équilibre ; ce n'en sont point les raisons d'être.

« Ce qu'on gagne en force dans un levier, dit-il (1), on le perd en espace de temps et de lieu. » Cette remarque, il la justifie selon le très vieux procédé d'Aristote, en considérant la longueur même du chemin décrit par chacun des poids et non point la projection de ce chemin sur la verticale. Il ajoute (2) alors : « Il ne faut point chercher d'autre cause d'équilibre de deux corps de pesanteur différente qui sont suspendus à une verge que celle que nous avons proposée ; car il est manifeste, selon que nous l'avons prouvé, que cela arrive parce que la verge est poussée également des deux côtés de l'appuy ; cependant, plusieurs ont assigné une autre cause de cet équilibre, sçavoir cette loy de nature que nous venons de démontrer dans la Proposition précédente...

» Plusieurs raisons m'ont empêché d'embrasser ce sentiment. Premièrement en considérant deux corps en équilibre, je ne conçois pas comment un mouvement qu'ils n'ont point, et qu'ils ne peuvent avoir qu'en sortant de leur repos, peut être la cause de ce même repos...

» Il y a des machines dans lesquelles cette loy de nature

on a joint une addition dont il sera question en l'article suivant. — Une troisième édition porte le titre de la première, suivi de ces mots : Revus et corrigez par le R. P. Bernard Lamy, Prêtre de l'Oratoire. A Paris, chez Denys Mariette, rue Saint Jacques, à Saint Augustin. MDCCI.

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 74.

(2) Id., *ibid.*, p. 76.

que ce que l'on gagne en force, on le perd en temps, est gardée, et cependant nous démontrons géométriquement que la force de ces machines a une autre cause que cette loy ; ce n'est donc pas une bonne conséquence qu'elle soit la cause de la force du levier, de ce qu'elle se trouve dans ses effets...

« Il n'est pas nécessaire que je fasse remarquer (1) que cette loy par laquelle on perd en espace de lieu et de temps ce que l'on gagne en force, n'est pas la cause de la force des poulies, mais une suite de leur composition. Ce sont des leviers, comme nous avons veu... Aussi il ne faut point chercher d'autre cause de l'effet de ces machines. »

L'axiome si souvent invoqué depuis Aristote et Galilée ne mérite donc point, selon le P. Lamy, de garder ce rang logique élevé ; il doit descendre à l'humble rang de corollaire.

L'axiome de Jordanus et de Descartes n'est pas mieux accueilli (2) par notre auteur : « Monsieur Descartes propose le principe suivant, qu'il prétend être la cause de cet équilibre du levier. C'est la même chose, dit-il, de lever un fardeau pesant 100 livres à la hauteur de 10 pieds que d'en élever un de 10 livres à la hauteur de 100 pieds... Il y a ici, ce me semble, un paralogisme, car ce principe ne peut être vrai que lorsque l'on peut lever séparément les parties d'un fardeau. Par exemple, il ne faut pas plus de force pour porter 10 pierres séparément à un pied de hauteur, que pour porter une de ces pierres à 10 pieds de hauteur ; et si je puis porter une pierre à ces 10 pieds, je pourray assurément lever toutes ces pierres à la hauteur d'un pied ; mais comme il est évident, cela ne peut se faire si je ne les prens les unes après les autres : car quoique je puisse lever un fardeau d'une livre à la hauteur de 1000 pieds, je ne puis pas lever un poids de 1000 livres à la hauteur de la millième partie d'un pied. »

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 117.
(2) Id , *ibid.*, p. 79.

Contre l'axiome d'Aristote, le P. Lamy reprend les objections de Stevin, objections qui tombent d'elles-mêmes si l'on remarque que la méthode des vitesses virtuelles est un procédé de démonstration *per absurdum*. A l'axiome de Descartes, il adresse des critiques que Mersenne avait formulées avant lui ; la confusion entre la force et le travail, confusion engendrée par une terminologie défectueuse, en fait tout le fond.

L'axiome de Stevin, tiré de l'impossibilité du mouvement perpétuel, ne trouvera pas grâce, lui non plus, devant la sévère critique du pointilleux oratorien.

C'est au cours de la théorie du plan incliné qu'il trouve occasion d'attaquer cet axiome.

Ce qui préoccupe avant tout Lamy, en cette théorie du plan incliné, c'est de connaître la fraction de la pesanteur totale du corps que porte le plan ; car (1) « un corps pesant ne communique qu'une partie de sa pesanteur au plan sur lequel il est posé quand ce plan est incliné ». Cette partie est ce que nous nommons aujourd'hui la composante du poids suivant la normale au plan. L'excès *arithmétique* (2) du poids entier sur cette composante est, selon l'expression de Lamy, ce qui *porte en l'air* ; il semble bien que Lamy subisse ici une fâcheuse influence du P. Casati.

D'ailleurs, pour évaluer cette partie de la pesanteur que porte le plan incliné, Lamy use de bien étranges démonstrations, visiblement imitées de Léonard de Vinci et de Bernardino Baldi. Il suppose que le corps porté par le plan incliné ait la forme d'une sphère (fig. 107) et il déclare (3) que « le plan incliné ne porte pas toute la pesanteur de X, mais... qu'il porte seulement celle que ressentiroit celuy qui soûtiendroit le levier LG au point E ; ainsi le reste porte en l'air ».

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 121.
(2) Id., *ibid.*, p. 125.
(3) Id., *ibid.*, p. 121.

Ce raisonnement fournit à Lamy ce théorème faux (1) : « Un corps estant posé sur un plan incliné, la partie de la pesanteur de ce poids qui porte sur ce plan est à celle qui n'y porte pas comme la longueur du plan est à sa hauteur. »

Bien qu'usant toujours de raisonnements aussi étranges, Lamy est plus heureux en cette autre proposition (2) : « Lorsqu'on tire une sphère le long d'un plan par une ligne parallèle à ce plan, ce qui porte de cette sphère sur le plan est à ce qui ne porte pas comme l'inclination du plan est à sa hauteur. » Dans cet énoncé, *ce que le plan*

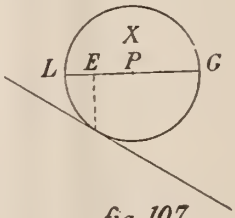


fig. 107.

ne porte pas signifie la composante du poids du corps parallèlement au plan incliné.

Ce théorème conduit notre auteur à cet autre (3) qui, lui aussi, est exact : « Deux corps pesans estant sur deux plans de mesme hauteur, si ce que porte l'un des deux plans est à ce que porte l'autre comme l'inclination de l'un à celle de l'autre, ces deux corps seront en équilibre. »

Entre cette proposition et la théorie du plan incliné telle que l'a formulée Stevin, il y a parfait accord ; mû peut-être par le besoin de critiquer le grand géomètre de Bruges, Lamy altère son propre théorème pour trouver un désaccord avec la doctrine classique du plan incliné : « L'on croit communément, dit-il (4), que lorsque les

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 122.
(2) Id., *ibid.*, p. 131.
(3) Id., *ibid.*, p. 135.
(4) Id., *ibid.*, p. 137.

poids entiers de deux corps pesans qui sont sur deux plans disposez comme on le voit dans la figure de la proposition précédente, sont l'un à l'autre, comme les plans sur lesquels ils sont, ils doivent estre en équilibre, cela n'est pas comme nous venons de le voir. Il ne faut pas que ce soient les poids entiers qui soient l'un à l'autre comme ces plans, mais la partie de ces poids qui portent sur ces plans.

» J'ay veu dans un Autheur cette démonstration prétenduë du sentiment que je rejette... » Après avoir

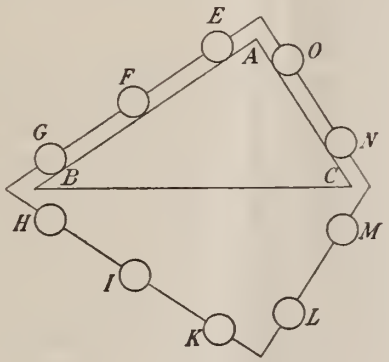


fig. 108.

rapporté la démonstration de Stevin, Lamy ajoute (1) : « Mais comme la démonstration suppose l'impossibilité du mouvement perpétuel, qui n'a point encore esté démonstrée, elle n'est pas bonne. Outre cela, il n'a pas remarqué que les sphères E, F, G (fig. 108) ne peuvent tomber, et faire monter les sphères O, N, à cause qu'elles pendent plus du côté du plan AC que du côté du plan AB... »

La critique n'est pas fondée ; le collier de perles dessine une chaînette parfaitement symétrique qui pend également du côté AB et du côté AC ; mais, il faut l'avouer, Stevin, si prodigue de précautions inutiles en ses longues

(1) Lamy, *loc. cit.*, p. 139.

démonstrations, aurait été sagement inspiré en l'affirmant explicitement et en appuyant son affirmation de quelques raisons.

La *Statique* du P. Pardies, le *Traité de Méchanique* du P. Lamy sont des œuvres fort médiocres ; ces deux écrits, comme ceux de Rohault et de De Challes, nous montrent en quel état de décadence se trouvait, au voisinage de l'an 1680, la Science de l'équilibre. La même impression se dégage encore d'un autre écrit (1), composé à la même époque, bien que cet écrit ait pour auteur l'illustre Borelli et que ses nombreuses éditions attestent la vogue dont il a joui.

L'étude des efforts faits par les muscles qui déterminent les mouvements des animaux exige que Borelli détermine les tensions des cordes qui arrêtent une résistance. Un chapitre entier (2) est consacré à ces lemmes sur la composition des forces ; les procédés par lesquels la démonstration de ces propositions est ramenée aux propriétés du levier n'ont rien de naturel ; ce sont d'ingénieux artifices dont l'emploi entraîne malaisément la conviction.

Les résultats obtenus sont naturellement ceux que l'on connaissait depuis Stevin. Borelli, cependant, juge bon de critiquer les démonstrations de Stevin et d'Herigone (3), qu'il nomme, ainsi que le raisonnement d'un certain « insignis Geometra neotericus » qu'il ne nomme pas, mais dont l'artifice est celui-là même qu'ont employé De Challes, Casati et Pardies. Il va plus loin ; il croit découvrir une

(1) Johannis Alphonsi Borelli, Neapolitani Matheseos professoris, *De motu animalium*. Pars Prima. Romæ, MDCLXXX. Pars secunda. Romæ, MDCLXXXI. — Editio altera. Lugduni in Batavis, MDCLXXXV. — En 1710, parut à Leyde une édition à laquelle était jointe une dissertation : *De motu musculorum*, due à Jean Bernoulli. Ainsi complétée, l'œuvre de Borelli fut réimprimée plusieurs fois, notamment à Naples en 1734. La dernière édition en fut donnée à La Haye en 1743.

(2) Id., *ibid.* Pars prima, Cap. XIII : Lemmata pro musculis quorum fibræ non sunt parallelæ et oblique trahunt.

(3) Id., *ibid.* Pars prima, Cap. XIII : Digressio (à la suite de la Propositio LXIX).

erreur dans les énoncés de Stevin et d'Herigone. Il admet avec eux que deux forces obliques et concourantes, exercées par deux cordes, tiendront un poids en équilibre si chacune des tensions est à ce poids comme le côté du parallélogramme des forces est à la diagonale de ce quadrilatère ; mais il prétend que la réciproque de ce théorème n'est point exacte. Varignon n'aura point de peine à lui prouver, et cela par ses propres lemmes, qu'il erre pleinement.

D'ailleurs, Borelli s'interdit toute allusion aux principes généraux de la Statique, aussi bien au principe des vitesses virtuelles, sans cesse repris d'Aristote à Galilée, qu'au principe des déplacements virtuels, constamment accru et précisé, de Jordanus à Descartes et à Wallis. Pour lui, comme pour Rohault, pour Pardies et pour Lamy, la loi du levier est « la plus importante proposition de la Statique » ; toutes les autres s'y ramènent. L'étroitesse d'esprit de ces auteurs va rejoindre celle de Guido Ubaldo.

Il est clair, en effet, que la plupart des géomètres n'ont, vers l'an 1680, qu'une fort médiocre connaissance de la Statique ; non seulement les principes larges et féconds auxquels cette science doit ses plus belles découvertes sont méconnus, relégués au rang de corollaires, passés sous silence, voire réputés faux, mais encore certains des théorèmes les plus certains sont contestés ou demeurent incompris ; de ce nombre est la loi de la composition des forces concourantes. Voici cependant que cette loi va cesser de paraître l'un des nombreux théorèmes de la Statique ; qu'elle va se donner comme la proposition fondamentale d'où découle toute cette science, comme le seul principe où le géomètre découvre avec pleine clarté et entière certitude la raison des équilibres les plus divers.

P. Duhem.

(La fin prochainement).

CONFLITS DE FAITS

ET

CONFLITS DE TENDANCES

Lettre à un jeune homme

... Cette fois, cher ami, je ne puis me défendre de vous chapitrer en forme. Quand vous m'écrivîtes votre dernière lettre, les oreilles devaient vous tinter encore de quelqu'une de ces sonneries d'alarme, dont nous assourdit généreusement le belliqueux altruisme des apôtres de l'émancipation scientifique. La crainte révérencieuse de l' « alme science » troublerait-elle la sérénité de votre foi ? Quelque chose vous chiffonne, c'est visible... Eh ! bien, parlons franc. Je comprends ce malaise intime, que vous osez à peine vous avouer ; et comment ne pas l'excuser chez vous, simple laïc, quand on peut le sentir, çà et là, étreignant jusqu'aux âmes sacerdotales ? Aux affirmations tranchantes d'incompatibilité entre la foi et la science, font écho, dans certains milieux catholiques, je ne sais quels chuchotements inquiets, quelles anxiétés mal définies : on dirait qu'une vague menace plane sur nos croyances... Oh ! sans doute, la foi reste entière dans le triomphe final de la vérité, mais elle se mêle d'une obsédante appréhension de surprises et de sursauts. Avec votre caractère et vos lectures, vous deviez subir ces influences ambiantes.

Vous êtes jeune ; vous aimez l'Église et vous aimez le progrès ; vous voulez être de votre temps, à la fois très chrétien et très moderne ; parce que vos convictions morales et religieuses vous sont chères, vous exigez d'elles une souplesse d'adaptation qui les mette en consonance constante avec tout ce qui a l'heur de conquérir vos admirations et vos respects.

Loin de moi de qualifier d'illusions ces aspirations généreuses : au besoin je les défendrais contre vous-même. Mais les meilleures tendances ont leur écueil. Quand elles pénètrent une âme avec l'acuité qu'elles ont atteinte dans la vôtre, elles constituent, selon les cas, des instruments incomparables d'activité chrétienne, ou bien des sources trop fécondes de trouble et de désenchantement. Sans doute, rien de mieux — et à l'heure actuelle, rien de plus désirable — qu'un esprit ouvert et largement accueillant, assez droit pour ne rien dissimuler de la vérité, assez bienveillant pour la deviner sous la gangue même de l'erreur ; rien de mieux que ce désir intense de voir l'Église catholique prendre la tête du mouvement moral, social, intellectuel, stimuler les initiatives et opérer des pénétrations hardies dans tous les domaines du progrès. Encore si la tendance, en soi, est louable, faudrait-il s'enquérir de la manière dont elle se concrète, du choix plus ou moins judicieux de ses points d'application. Le zèle le plus désintéressé, la plus admirable élévation de pensées, ne garantissent pas, dans l'ordre pratique, contre toute faute de repérage ou toute erreur de perspective.

C'est une de ces erreurs de perspective qui manifestement est cause de ce vague malaise qu'accusait votre dernière missive.

Comme tant de nos contemporains, vous avez le culte — un peu superstitieux — de la Science. Elle représente pour vous, que sais-je ? ce quelque chose de quasi transcendant, dont les manifestations protéiformes compénètrent toute notre civilisation moderne ; ce quelque chose

qui entre en nous par les yeux, par les oreilles, par tous les sens, qui s'incorpore pour ainsi parler à notre idéal d'hommes du XXe siècle ; que sais-je encore ? cette autorité sans appel, qui rend absolus, quels qu'en soient les considérants, tous les arrêts signés à son nom ; cette méthode impeccable, qui mérite et réclame crédit illimité de notre confiance...

Ne protestez pas : tout cela se trouve chez vous à l'état d'impressions.

Vous souvient-il de la visite que vous me fîtes, l'année dernière, au laboratoire ? Ces étagères de réactifs, ces instruments de mesure si précis, ces microscopes si pénétrants ; puis, dans les manipulations, cette technique en apparence si sûre d'elle-même, ces mille précautions contre les causes d'erreur ; et encore, dans les mémoires que vous feuilletiez, cette méthode fortement accusée et s'offrant pour ainsi dire au contrôle, cette allure calme et posée, cette marche dont chaque pas semble appuyé sur un fait, ce luxe de documents précis : mesures, statistiques, dessins à l'échelle, photogrammes, etc., cette bibliographie copieuse et exacte, bref ce souci constant et presque affecté d'objectivité..., tout cet ensemble de circonstances contribuait à créer, dans votre imagination de lettré, autour de ce concept abstrait de « Science », une atmosphère d'étonnement et d'admiration peut-être excessive. Certes, je vous eusse scandalisé si je vous avais montré alors la large part subjective, qui, dans les sciences biologiques du moins, se cache souvent sous des apparences de rigueur et de méthode ; si, prenant un de ces mémoires imposants, dont les conclusions vous paraissaient presque sacrées, je l'avais lu devant vous comme le lisent les hommes du métier, avec cette critique froide et impitoyable qui refait les raisonnements, soupèse les observations, contrôle chaque fait par d'autres faits, chaque auteur par d'autres auteurs, et accorde le moins possible de cette

confiance, que vous, cher ami, vous eussiez cru devoir prodiguer.

Et remarquez bien que, ce disant, je ne vise pas les généralisations théoriques ou les conclusions d'ordre plutôt philosophique ; je parle de ces conclusions qui se réclament directement de la méthode expérimentale : leur portée exacte est fonction des expériences ou des observations qui les ont établies ; or, pour saisir cette portée, une critique des recherches préalables s'impose toujours, critique souvent malaisée aux spécialistes mêmes. Saisissez-vous combien le grand public doit être bon juge dans l'appréciation de ces résultats scientifiques que la vulgarisation lui sert par brassées !

Mais laissons ce point de vue. Je n'ai pas le loisir d'y insister aujourd'hui. Je souhaiterais seulement que vous fissiez passer du domaine spéculatif dans celui de vos impressions pratiques cette proposition banale : toute conclusion d'un mémoire isolé, fût-il d'un maître de la science, est sujette à vérification et au besoin à revision plus complète.

Ne croyez pas que je veuille ainsi déprécier la science expérimentale. Grâce à un contrôle continuel et à des éliminations successives, la paille est tôt ou tard séparée du bon grain ; la vraie science progresse, et merveilleusement. Le mérite en revient pour une bonne part à ces travailleurs consciencieux, qui savent résister à l'entraînement des généralisations hâtives et garder la vue nette des exigences de la méthode. J'estime trop l'esprit de M. Brunetière pour croire qu'il ait constaté sans déplaisir l'étrange abus que plusieurs ont fait d'une expression qui a soulevé bien des colères : la vraie science ne peut « faire banqueroute » ; dans les limites de son objet, la science est chose éminemment respectable et bienfaisante. Sur ce point, nous sommes, je crois, pleinement d'accord.

Un conflit serait-il donc à redouter entre le dogme catholique et cette science expérimentale proprement

dite ? Une affirmation du magistère authentique de l'Église court-elle le risque de se trouver en désaccord avec un fait scientifique bien et dûment établi ?

Pareil conflit, pareil désaccord sont impossibles : Dieu auteur de la nature ne peut contredire Dieu garant du dogme ; vous en êtes convaincu autant que moi. D'où provient donc, en face du développement des sciences, la pusillanimité, l'attente inquiète, de ces chrétiens qu'on croirait sous le coup d'une menace permanente ?

Interrogez-vous vous-même, cher ami : cette crainte pusillanime d'un démenti expérimental à vos croyances ne provient pas de la perception personnelle d'un danger possible ; elle résulte uniquement de vos lectures. Vous connaissez trop bien cette littérature tendancieuse des Häckel, des Büchner, des Berthelot, des Verworn, des Le Dantec, des Séailles, des Buisson, *e tutti quanti*. A force d'entendre affirmer le conflit, vous vous surprenez à le redouter. Les rectifications opposées par les savants catholiques — elles ne manquent point, grâce à Dieu — n'atteignent pas l'éclat bruyant, la persévérance obstinée, importune, des sophismes hautains ou perfides de leurs adversaires. C'est pourquoi l'on est obligé de vous redire ce qui s'est dit excellemment plus de cent fois depuis des années.

Vous êtes-vous jamais sérieusement demandé si la science que ces messieurs veulent à tout prix ennemie du dogme est bien cette *vraie science expérimentale*, dont les progrès font l'honneur de notre génération? Permettez-moi de vous faire part d'une impression qu'a accentuée chez moi la pratique directe des sciences biologiques. Au début, je m'imaginais — comme vous — que tout ce bruit et toutes ces clameurs étaient l'indice, non pas certes d'une contradiction véritable, mais du moins d'une sérieuse difficulté de conciliation entre la foi et la science ; d'où une préoccupation bien naturelle de saisir les points précis où portait le litige. Or il advint que, plus j'avançai, plus la

difficulté se déroba. Tous les *conflits de faits* — je ne parle pas des conflits de tendances — s'évanouissent dès qu'on s'applique à en préciser les termes. La foi et la science ont si peu de points communs ! La Bible est le seul endroit, semble-t-il, où pourrait s'établir un contact, et, franchement, les latitudes traditionnelles d'interprétation suffisent, non seulement à résoudre les quelques chétives objections qui furent proposées, mais à supprimer la possibilité même de difficultés sérieuses. Si d'aventure vous possédiez un *fait* gênant, je vous serais bien obligé de me le signaler, car toutes mes battues dans le champ des sciences biologiques, les principales intéressées, au dire de beaucoup, sont restées totalement infructueuses.

Ne prendrions-nous pas trop au sérieux ou trop au tragique les déclarations d'adversaires qui souvent ignorent à la fois et le catéchisme et les bornes de leur compétence, double lacune fort grave en l'occurrence ?

Le profit serait mince de nous attarder sur ce terrain battu et rebattu des soi-disant *contradictions de faits ;* aussi bien, je ne sache pas qu'un savant sérieux ose encore, devant ses pairs, y asseoir sa controverse antireligieuse. Que n'observe-t-on le même scrupule et la même loyauté par devant le gros public ! Du reste, en général, la tactique des protagonistes du « progrès laïque » a évolué à son avantage ; elle est devenue plus fine et plus perfide. Ce qu'elle oppose au dogme, ce ne sont plus des faits purement expérimentaux, c'est cette réalité complexe qui s'appelle la « Science moderne », et qui englobe non seulement un bagage inerte de faits, mais une méthode, des tendances, un esprit, une philosophie des choses, une *Weltanschauung*. Oh ! ici, cher ami, les questions se compliquent, et je ne nierai plus qu'il ne puisse y avoir incompatibilité radicale entre un élément quelconque de cet amalgame et quelqu'une de nos croyances catholiques. Faut-il s'en alarmer ?

Une mise au point loyale des situations respectives me

semble éminemment propre à calmer vos inquiétudes et à ranimer votre élan.

Et tout d'abord, le dogme catholique apporte-t-il chez ses adhérents une entrave à la pleine compréhension et à l'application loyale de la *méthode scientifique ?*

Certes, s'il s'agissait de la méthode scientifique telle que vous la concevez, je répondrais catégoriquement : non. Mais jugez de mon embarras : un Häckel dans ses élucubrations monistes, un Le Dantec dans ses conceptions les plus originalement subjectives, se proclament les servants fidèles et scrupuleux de la « méthode scientifique ». Or croyez bien que cette « méthode » là, transportée des ouvrages de vulgarisation dans des mémoires spéciaux, ferait hausser les épaules. Le langage courant a donc créé des équivoques, qui peuvent égarer la bonne foi des non-initiés. Si « méthode scientifique » signifie « méthode expérimentale », c'est-à-dire détermination des faits généraux et des lois expérimentalement vérifiables, j'avoue ne pas saisir le moins du monde comment son intelligence et sa pratique pourraient se trouver gênées par les convictions religieuses de l'expérimentateur ; le plus catholique des savants admet comme tout le monde et sans aucune réticence, la valeur absolue de la méthode expérimentale dans le domaine des choses *expérimentables ;* qu'est-ce donc qui pourrait l'empêcher d'y pousser l'expérience loyalement et jusqu'au bout ? Rien d'injuste et... d'étrange, sous la plume de pamphlétaires anticléricaux, comme certaines insinuations, certaines prétéritions, et parfois certains étonnements affectés ou sincères. Il me semble que les œuvres de nos savants catholiques ne font pas si mauvaise figure dans la littérature scientifique, et proclament assez haut qu'un homme de science catholique n'est pas nécessairement une non-valeur...

J'abrège ces considérations, qui suffisent amplement à dégager le dogme de toute responsabilité dialectique vis-à-vis de la science ; mais, j'en suis sûr, un accord aussi

parcimonieux ne vous satisferait qu'à demi. La méthodologie scientifique ne tient pas tout entière dans la méthode strictement expérimentale : elle comprend en outre, de nos jours surtout, une part de procédés qui ressortissent moins à la logique formelle qu'à la psychologie. Ces exigences techniques — plus ou moins flottantes parce que subjectives pour une part — il serait regrettable de les négliger dans ce qu'elles ont d'utile et de légitime. Voyons donc quelle peut être en face de celles-ci l'attitude d'un catholique sincère.

Depuis l'époque de la Renaissance scientifique, plus d'un chapitre de la méthodologie générale des sciences s'est notablement complété et précisé. Ce progrès est tangible en ce qui concerne le rôle des hypothèses scientifiques. Nous n'en sommes plus à la sévérité puritaine de Newton, si intolérant pour les hypothèses actuellement invérifiables : sous l'influence de Mach, de Duhem, d'Ostwald, de H. Poincaré et d'autres, la notion de l'hypothèse *utile* s'est juxtaposée plus étroitement, ou même substituée, à la notion de l'hypothèse *objectivement probable*. Certaines hypothèses qu'eût rejetées Newton se trouvent maintenant pleinement justifiées par leurs avantages psychologiques et pratiques. Assez maladroit pourrait être le geste d'un apologiste qui écarterait sans plus d'examen telle ou telle manière de voir sous prétexte qu'elle n'est qu'hypothétique ; et pour ma part, je regretterais de découvrir chez mes coreligionnaires une attitude hostile à quelque théorie scientifique réellement féconde, ou, pour mieux dire, aux parties réellement fécondes de quelque théorie scientifique.

Assurément, une hypothèse scientifique qui se présenterait comme un pur moyen d'investigation ou de coordination, sans aucune prétention à représenter la réalité des choses, ne pourrait entrer en conflit logique ou psychologique avec le dogme ; mais un symbolisme aussi dégagé est moins facile à réaliser qu'à définir ; il peut

être à l'usage d'un petit nombre d'esprits affinés ; chez la plupart il subira des alliages et servira tôt ou tard non plus seulement à organiser l'*action* scientifique, mais à représenter avec plus ou moins de probabilité l'*absolu* scientifique. Le divorce complet entre l'hypothèse d'application et l'hypothèse d'explication, possible en droit, me paraît très rarement réalisé en fait, du moins dans les sciences naturelles. Croyez-vous que Weismann, par exemple, considère sa théorie du plasma germinal comme un pur schématisme symbolique ? Sans doute, il ne prétendra pas à l'objectivité, même probable, du menu détail de ce jeu compliqué d'ides, de déterminantes et de biophores, mais les grandes lignes à tout le moins de ce mécanisme lui paraissent une expression vraie de phénomènes naturels. Combien d'évolutionnistes, pensez-vous, voient dans l'hypothèse de la descendance un simple moyen de « faire de l'ordre » en anatomie comparée ? Que telle ou telle généalogie particulière ne soit guère qu'une vue provisoire et méthodique, on l'accordera sans peine, mais très peu s'abstiendront de considérer le transformisme comme une explication objective, plus ou moins probable, de la diversité des types organisés.

Il ne suffira donc pas de dire au savant catholique : « Groupez les faits sous telle hypothèse qui vous plaira : tant que vous ne portez pas de jugement sur l'objectivité de cette hypothèse, l'Église s'en désintéresse ». Pareille position, pour la plupart des hommes de science, serait psychologiquement intenable. Reste donc à nous enquérir si le dogme catholique peut gêner le savant dans l'adoption des *bonnes et solides hypothèses de travail*. Ma réponse sera brève et nette : à priori aussi bien qu'à posteriori, non.

Pour un catholique tel que vous, toute cette question s'éclaire du principe général de la véracité de Dieu, garant du dogme. Une hypothèse n'est utile et féconde que grâce à certains éléments et à certains rapports *vrais* dissimulés

sous un symbolisme peut-être inexact ; la vérité ne pouvant contredire la vérité, ce qu'il y a de réellement fécond dans une hypothèse ne peut être non plus en opposition avec le dogme.

Mais cette constatation abstraite a peu d'importance pratique. En fait — et c'est ce qui importe — l'*adhésion au dogme n'a jamais contraint un homme de science à réduire son outillage utile*. Que de fois l'on nous jette à la face l'accusation de « manquer de la liberté d'esprit nécessaire » : au lieu de s'en tenir à des généralités, qu'on nous montre donc, dans l'arsenal des sciences expérimentales, un véritable instrument que nous soyons inaptes à manier.

Cependant, n'exagérons rien et ne confondons pas deux questions fort distinctes. Il peut se faire, accidentellement, qu'une décision disciplinaire, n'engageant pas l'infaillibilité de l'Église, atteigne un savant catholique et l'entrave plus ou moins dans ses travaux. J'accorde volontiers que pareille décision, d'ailleurs réformable, se montrera parfois inopportune : ceci est affaire de gouvernement, non affaire de foi, et nombre d'objections écloses à ce sujet reposent sur une ignorance complète des règles, cependant assez précises, de l'exercice du magistère infaillible de l'Église. Pour les actes qu'elle ne couvre pas du privilège de l'infaillibilité, l'Église ne réclame point de ses « juges » un traitement de faveur, mais l'application sincère des principes de l'équité naturelle. Or, il serait injuste au premier chef de prétendre caractériser systématiquement une attitude par deux ou trois gestes isolés et accidentels. L'Église n'a pas pour mission de promouvoir les sciences : si elle est sortie souvent d'une neutralité — dont on n'eût pu raisonnablement lui faire grief — ce fut presque toujours pour rendre au savoir humain des services éminents, jamais à dessein de le contrarier. Quant à ces méprises — fort rares d'ailleurs — contre lesquelles Dieu n'a pas garanti le pouvoir ecclésiastique, replacées

dans leurs circonstances de temps et de lieu elles s'expliquent pour le moins aussi bien que certains ostracismes malencontreux prononcés parfois par des corps savants, dont le prestige demeure à bon droit incontesté. Cher ami, quand vous entendrez des publicistes faire à l'Église le reproche d'hostilité au progrès et de palinodies hypocrites, posez-vous ces trois questions :

1. Les actes ou décisions incriminés sont-ils exactement rapportés ? 2. Sont-ils le fait du magistère infaillible, d'une autorité disciplinaire, ou bien seulement d'un certain nombre de théologiens sans mandat ? 3. Replacés dans leur cadre naturel, ont-ils la portée et la signification qu'on leur attribue ?

Mais revenons à l'attitude *présente* de l'Église en face des hypothèses scientifiques. Seule parmi celles-ci, de votre aveu, l'hypothèse de l'évolution pourrait faire difficulté. Mais, mon pauvre ami, ignorez-vous donc que sur ce point le *biologiste catholique a cent fois plus de liberté qu'il n'en pourrait exiger raisonnablement ?* Avant d'atteindre, en partant de la matière brute, cette âme spirituelle de l'homme, que l'Église impose comme limite à sa chevauchée évolutionniste, il devrait franchir, avec moins de risque certes pour son salut que pour son bon sens, deux barrières singulièrement élevées — d'aucuns diront infranchissables : la génération spontanée et l'origine physico-chimique de la sensation. L'Église se désintéresse de cette « performance » : libre à lui de la tenter s'il en a la fantaisie. C'est par un à fortiori écrasant que vous pourrez après cela vous rassurer sur le sort réservé par notre obscurantisme de croyants à des formes plus modérées et plus réellement philosophiques de l'hypothèse transformiste.

Et ici encore, ne nous laissons pas prendre aux apparences. Je le veux bien, aucun principe philosophique n'interdit d'abandonner à la synthèse évolutionniste le champ complet de la morphologie des êtres vivants ; mais

ne vous imaginez pas que cette synthèse hypothétique soit près d'être faite, même dans les grandes lignes. La théorie transformiste, *étendue à l'ensemble du règne végétal et du règne animal,* ne saurait être actuellement qu'un point de vue esthétique, une concession à nos goûts d'unité, tout au plus une idée directrice psychologiquement justifiée. Elle n'est pas encore — et qui pourrait dire si elle le deviendra ? — un outil de travail bien utile et bien maniable, une sérieuse hypothèse de recherches. En voulez-vous la preuve ? Mais voyez donc : si l'on s'accorde assez facilement sur le principe abstrait de la descendance, combien nombreuses et profondes ne sont pas les divergences dès qu'on tente de préciser davantage, de déterminer les facteurs d'évolution ou de grouper les généalogies fragmentaires ? Quelles fortes nuances ne séparent point l'interprétation hæckelienne de la loi biogénétique (parallélisme de l'ontogénie et de la phylogénie), de l'interprétation bien plus pénétrante qu'en donne Oskar Hertwig ? Qu'on pousse un peu cette dernière interprétation, et l'une des lois fondamentales de l'évolutionnisme pourrait peut-être s'accommoder d'une hypothèse tout autre. Que se produisent — et surtout se soient produits — des phénomènes importants de sélection, d'adaptation, de mutation, j'en suis convaincu autant que tous mes collègues en biologie : mais les causes, le mécanisme, la portée..., qui les connaît ?

En somme, un seul point paraît actuellement assez bien établi pour qu'il soit dangereux de n'en point tenir compte : c'est l'étroitesse de notre conception de l'espèce organique, le caractère artificiel des groupements de nos classifications. Sous l'influence de conditions biologiques diverses, des transformations se seraient opérées, dont l'amplitude embrasse non seulement ces groupes auxquels, à l'exemple de Linné, nous appliquons l'étiquette « espèces », mais encore des groupes plus étendus, comme des genres et des familles. Beaucoup considèrent la chose comme infi-

niment probable, sinon certaine. D'autre part, la possibilité de transformations de cet ordre est à peu près le plus large présupposé théorique indispensable actuellement aux bons travaux de morphologie comparée. Je sais bien que plusieurs homologies de l'anatomie comparée tendent à faire admettre des rapports de parenté entre presque tous les groupes de l'échelle animale ; mais remarquez que beaucoup de ces homologies sont discutées ou discutables, que leur détermination est en partie subjective et leur signification des plus fuyantes ; remarquez surtout que ces homologies, par leur côté objectif, c'est-à-dire par les ressemblances qu'elles expriment, n'impliquent pas nécessairement, tant s'en faut, la parenté physique des types qui les réalisent : on leur fait impliquer souvent cette parenté grâce à une pure hypothèse, qui, pour être légitime, n'en est pas moins rigoureusement superflue dès qu'on la généralise.

Vous préciser davantage la dose exacte de transformisme qui constitue pour le biologiste une bonne « hypothèse-instrument de travail », je ne le tenterai point ici : c'est affaire à débattre entre spécialistes, et nous avons vu que le point de vue religieux ne saurait les mettre à l'étroit. Mais il est bon — même quand la foi n'y est point intéressée — de ramener à des proportions raisonnables les exigences exorbitantes et les caprices d'enfants gâtés, qui se rencontrent parfois sous la plume de certains savants et plus encore de certains publicistes « éclairés », catholiques ou non. A les entendre, l'adoption intégrale de la synthèse évolutionniste s'impose aujourd'hui comme une *nécessité* scientifique. Dieu nous délivre de ce simplisme intolérant ! Ne lisais-je pas ces jours derniers, dans une de ces revues qui font l'opinion du monde « bien élevé », un chaud plaidoyer pour la forte imprégnation de tout l'enseignement scientifique « moyen » par l'idée évolutionniste ? Il est temps, paraît-il, de faire à notre jeunesse une mentalité évolutionniste. Et l'année dernière, c'est un

ecclésiastique que j'entendais souhaiter avec impatience la pénétration de l'esprit du jeune clergé par le principe d'évolution, cette conquête définitive de la science moderne! Entre parenthèses, mon bon ami, le zèle de cet ardent abbé avait toute la sincérité et quelques-unes des illusions du vôtre. Et vous concevrez qu'en ce moment je lève les yeux avec une certaine mélancolie vers ma modeste bibliothèque, où les ouvrages des maîtres de la morphologie comparée témoignent, chacun à sa façon, de l'*incertitude qui règne encore, chez les plus compétents, sur la valeur concrète de la théorie de la descendance.*

Après cela, n'allez pas croire que je prêche la croisade contre l'idée d'étendre le transformisme à l'ensemble du monde organique. Cette idée, en soi, est belle et séduisante ; si les faits ne l'appuient pas suffisamment, du moins ne la contredisent-ils point, que je sache ; libre à chacun de l'adopter, si elle lui plaît. Je proteste uniquement contre l'intolérance qui voudrait l'imposer à tous sous peine de déchéance intellectuelle et scientifique.

Et à ce propos, permettez-moi de préciser ma pensée par une remarque, qui a quelque chance de vous agréer.

On ne peut nier que l'idée d'une évolution organique n'entre à dose plutôt forte dans ce qu'on pourrait appeler l'esprit scientifique contemporain. Serait-il vraiment opportun de combattre cet « esprit » ou d'en faire fi *dès que ses manifestations dépassent les limites de sérieuse objectivité que j'ai tracées plus haut ?* Plusieurs controversistes catholiques semblent l'avoir cru et s'être mal gardés eux-mêmes de cette intolérance, si contagieuse, dont ils faisaient grief à leurs adversaires. J'estime qu'ils ont manqué parfois de ce tact, de cette mesure, qui résultent d'une juste appréciation des choses.

Tout n'est pas à dédaigner dans une attitude même subjective, dans un ensemble de tendances et d'appréciations dont la valeur ne serait susceptible d'aucune démonstration directe. Car voyez : même dans le cas où

cette démonstration est possible, le processus psychologique, qui forme en nous, petit à petit, presque à notre insu, la conviction ou l'opinion, n'est qu'imparfaitement superposable au schématisme dialectique par lequel nous éprouvons et justifions ces attitudes mentales. Que de fois nous *admettons* d'abord et nous *prouvons* ensuite ! Voilà un cytologiste à son microscope : depuis des semaines il examine, plus ou moins minutieusement, des files interminables de préparations. Je gage que, neuf fois sur dix, le premier travail qui s'est fait en son esprit n'aura ressemblé en rien à cet acheminement méthodique et appuyé, que son mémoire imprimé présentera plus tard au public. Par les yeux lui seront entrées une foule d'impressions qui se seront enregistrées et casées comme elles auront pu, essayant de se coordonner sous tels ou tels points de vue successifs, aiguillant l'esprit presque mécaniquement dans telle ou telle direction, s'emboîtant enfin sous une forme d'équilibre plus stable dont l'expression abstraite se sera imposée alors à la manière d'une hypothèse sérieuse : la justification dialectique de celle-ci ne vient que plus tard.

Mais chez un homme de science, maniant un nombre énorme de faits connexes, relatifs à une même spécialité, ce travail mi-conscient mi-inconscient ne chôme guère ; une partie seulement de ses résultats s'extériorisera en propositions induites ou déduites selon l'ordonnance classique ; l'autre partie consistera surtout en répercussions silencieuses sur l'orientation et les tendances de la vie mentale ; elle créera chez cet homme une prédominance de telles ou telles représentations, une prédisposition à apprécier tel groupe de choses sous tel ou tel angle.

Encore une fois, tout n'est pas à négliger dans ce fonds de mentalité, qui s'est constitué en dehors des règles de la logique mais au contact quotidien des faits ; s'il est vrai, du moins, que les tendances sourdes de l'esprit peuvent trouver une garantie relative dans la nature

même des circonstances où elles ont éclos et grandi. Aussi leurs manifestations, quand elles demeurent dans les limites des convenances et du bon sens, peuvent paraître respectables, non seulement parce qu'elles expriment l'état d'âme d'un de nos semblables, mais aussi parce qu'elles ont chance de rencontrer partiellement la vérité.

Supposez maintenant que ces préférences intellectuelles se retrouvent identiques chez la majorité des hommes de science attachés à telle étude particulière : tant qu'elles ne porteront pas sur des objets étrangers au champ d'investigation de ces savants, ne méritent-elles pas notre déférence, sans s'imposer d'ailleurs à notre adhésion ? Je conçois parfaitement que beaucoup de biologistes sentent les faits se coordonner plus aisément en leur esprit dans l'hypothèse d'une évolution dominant toute la morphologie organique ; d'autres n'éprouveront pas cette impression au même degré ; mais un profane serait-il bien venu de leur reprocher cette attitude personnelle en vertu de je ne sais quels axiomes philosophiques douteux ou de quelles traditions mal comprises ?

Cher ami, le publiciste catholique, en face de « l'esprit scientifique contemporain », doit naviguer à égale distance de deux écueils : l'admiration aveugle — ceci est un peu pour vous — et le manque de sympathie — ceci est pour quelques autres. Qu'il est donc difficile, en dépit des meilleures intentions, de garder sa ligne droite, le cap sur la vérité !...

Vous semblez avoir lu ce discours de Gabriel Séailles au récent Congrès maçonnique de Rome. Un joli pamphlet, n'est-ce pas ? Son auteur, en homme d'esprit, fait bon marché des prétendues oppositions entre le dogme et les *faits* scientifiques. Cela, c'est la glu vulgaire où se prennent les simples et les badauds. Le conflit est ailleurs, mais, là, aigu et irréductible. L'esprit chrétien — et plus particulièrement l'esprit catholique — barre la route à l'esprit moderne ; les « affirmations de la conscience con-

temporaine » refoulent devant elles les affirmations de la conscience religieuse ; la mentalité créée par la Science est incompatible avec la mentalité pétrie par le dogme, etc.

Ah ! pauvre cher ami, ce sont de pareilles affirmations dont la superbe assurance donne le frisson à des catholiques aussi sincères que vous l'êtes ! Et vous cherchez quel sacrifice d'apaisement l'on pourrait bien offrir à ce fétiche d' « esprit moderne » et à ses redoutables oracles. Ici vous n'échapperez pas à la lutte, elle est inévitable. L' « esprit moderne » de M. Séailles est sur trop de points le contrepied de l'esprit catholique. Mais l'esprit moderne de M. Séailles est-il l'esprit moderne tout court ? Cette « mentalité laïque contemporaine », tant adulée, trouve-t-elle réellement dans la science son inspiratrice et son garant ?

La sempiternelle piperie des mots ! L' « esprit moderne », c'est-à-dire celui de la masse de nos contemporains, sera apparemment *ce qu'on le fera* ; et rien ne présage que la Providence de Dieu doive soumettre la cause de la vérité à l'épreuve de fléchissements particulièrement pénibles. La persécution matérielle ne tue pas l'esprit, et l'horizon intellectuel est-il donc plus inquiétant qu'à d'autres époques ?

Quant à cette « mentalité laïque » dont on voudrait faire un synonyme d' « esprit scientifique », elle représente un ensemble de principes et de tendances, dont une partie seulement — celle précisément qui s'accorde sans peine avec le catholicisme le plus orthodoxe — peut se prévaloir du patronage de la science. La divergence entre cette « mentalité » et le dogme commence *au point précis où la science cède la place à la métaphysique.*

Le dogme, nous l'avons vu, s'accommode de toutes les exigences logiques et psychologiques du progrès scientifique, et laisse même par delà pas mal de marge à la fantaisie. Tant que cette fantaisie folâtre dans le domaine des choses expérimentables, son contrôle et sa répression

ressortissent à la juridiction ordinaire de la science ; dès qu'elle se porte plus loin et prétend atteindre, par négation ou autrement, des objets transcendants à l'expérience sensible, elle échappe à la tutelle de la science pour tomber sous la juridiction de la métaphysique. La « science laïque » vit d'un malentendu : en tant que « science », elle ne peut être laïque plutôt que cléricale ; en tant que « laïque », elle n'est plus « science », elle est « métaphysique »

Entre le dogme et la métaphysique « laïque », le désaccord est évident. Mais qu'est-ce donc que cette métaphysique laïque ?

Tout d'abord, c'est la métaphysique de ces doctes ingénus qui croient bonnement n'en point faire du tout ; et ils ne sont pas rares parmi nos savants d'aujourd'hui. Vous n'imaginez pas jusqu'à quel point la pratique trop exclusive du raisonnement expérimental peut rendre un homme de science inaccessible à l'impression de raisonnement d'un autre ordre. S'il n'y prend garde, la réalité métaphysique revêt bientôt à ses yeux un tel caractère d'étrangeté, que volontiers il la tiendrait pour fantasmagorie de rêveurs. De cette disposition affective à la négation formelle de tout objet dépassant l'expérience sensible, la distance est bien courte : elle sera tôt franchie sous l'impulsion de ce sentiment étroit, créé par un rétrécissement arbitraire du champ des expériences personnelles. Et l'aboutissant, dans ce cas, se trouvera être un véritable dogmatisme négatif.

Ce dogmatisme — souvent plus ou moins latent, et alors de teinte uniformément imprécise — se diversifie sous la plume des métaphysiciens patentés qui le formulent. Je ne puis songer à en décrire ici les multiples modalités ; aussi, cher ami, en abandonné-je les profondeurs à vos méditations. Si je ne me trompe, vous vous apercevrez sans peine que la philosophie fondamentale de l' « esprit scientifique, laïque et moderne » se ramène

logiquement — lorsqu'il est autre chose qu'une poussée d'instincts anticléricaux — soit à l'affirmation, métaphysique s'il en fut, du monisme matérialiste, soit à la thèse épistémologique du phénoménisme le plus radical : deux attitudes qu'un irrévérencieux pourrait trouver légèrement arriérées dans l'évolution de la pensée philosophique contemporaine.

D'ailleurs, il n'importe pour l'instant. Tout mon but était de rappeler que si nos croyances sont en conflit avec quelque chose, ce n'est ni avec les *faits scientifiques*, ni avec les *exigences scientifiques*, ni même avec les *fantaisies purement scientifiques*, mais bien avec un certain courant métaphysique, hypocritement paré du manteau de la science et dont les adhérents — des parangons de modestie — se piquent de monopoliser l'esprit moderne et les ferments de progrès.

Toutes équivoques levées, il apparaît que *le terrain de la lutte est le terrain philosophique*. Or là vous savez combien l'on est fort lorsqu'on a pour soi cette *perennis philosophia* qui n'ampute la conscience humaine d'aucun de ses organes d'information, ni l'univers connaissable d'aucun ordre de ses réalités.

Je termine ici mon plaidoyer. Puisque vous êtes responsable de sa confection, n'oubliez pas de rapporter cette modeste pièce au dossier complet de la défense de l'Église. Car quelle que soit leur valeur, l'impression qui se dégage de titres isolés est trop pâle pour être juste. Le morcellement des points de vue fait tort à la vérité intégrale. La cause de l'Église mérite mieux que le bénéfice des sentences laborieusement échafaudées par une apologétique fragmentaire ; pour qui sait l'envisager, cette cause, dans toute son ampleur, pour qui sait non seulement la comprendre mais la vivre, elle s'illumine d'un resplendissement triomphal de vérité. Mon cher ami, nulle part comme dans la foi catholique vous ne trouverez l'épanouissement harmonieux et raisonnable de vos tendances

les meilleures, nulle part non plus vous ne trouverez plus réduite la part des déceptions et des lassitudes inséparables de toute vie humaine. N'allez donc plus vous immobiliser, anxieux et désenchanté, devant une difficulté de détail, qui n'est souvent qu'une misérable équivoque, oubliant, pour un trait d'ombre fugitif, le faisceau compact où la lumière de vérité surabonde. *Modicae fidei, quare dubitasti ?*

J. M.

FORMATION SUR PLACE

DE LA

HOUILLE [1]

Il y aura bientôt dix ans que nous eûmes l'honneur d'entretenir les lecteurs de la Revue (2) de nos idées sur la formation de la houille. Le cours de nos études sur les bassins houillers belges nous avait amené à examiner les diverses théories qui tâchent d'expliquer ce phénomène, toujours si captivant pour un géologue. Aucune ne nous donnait pleine satisfaction. A prendre les choses en gros, on peut dire que les idées se partageaient — comme elles se partagent encore — entre deux courants principaux : l'un, le plus ancien, guidé par le principe des *causes actuelles*, convergeait vers ce qu'on appelle *la formation de la houille sur place* (autochtonie) ; l'autre, plus récent, plus vigoureux, grâce aux travaux et aux

(1) Cet article a fait l'objet de plusieurs conférences que l'auteur a données cet hiver : à la Société scientifique de Bruxelles ; à l'École supérieure de Commerce de l'Institut St-Ignace d'Anvers ; à l'Ecole professionnelle du Collège St-Louis de Liége ; à la Société « Geloof en Wetenschap » de Maastricht ; à l'Extension universitaire belge de St-Gilles ; à l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Louvain ; à l' « Émulation » de Namur ; à l'Extension universitaire de Mons ; à la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie de Bruxelles ; à l'Extension universitaire d'Ixelles, etc.

(2) *L'Age de la houille.* Revue des Quest. scient., 1896, t. XXXIX, pp. 463-486.

expériences de MM. Grand' Eury et Fayol, tendait à tout expliquer par *la formation par transport* (allochtonie) (1).

Bien que la formation sur place comptât plus de sympathie et plus d'appui en Belgique, il faut avouer qu'à ce moment-là elle était basée sur un fondement moins scientifique, moins riche en raisons et en preuves. Tout se résumait à dire que les lits de houille devaient s'être constitués à la façon dont se forment aujourd'hui les tourbières. Et les tourbières, on les connaissait peu ou prou. Lisez les travaux les plus autorisés de l'époque et vous y verrez les raisons mises en assez pauvre lumière, et les auteurs se satisfaire trop aisément de cette idée simpliste qui croit que jamais il n'y eût rien de nouveau sous le soleil.

L'autre théorie se présentait en bien meilleure posture devant la critique. Elle était basée sur l'étude fouillée de certains bassins houillers du centre de la France et se trouvait corroborée par les fameuses expériences que M. Fayol fit dans les lavoirs de ses exploitations minières. Pour elle, la houille était une alluvion au même titre que les sédiments entre lesquels ses couches sont enserrées. En cherchant bien, nous avions eu la bonne fortune de trouver dans notre bassin houiller belge un certain nombre de faits qui rentraient dans les idées des savants français. C'était l'enchevêtrement lenticulaire latéral des sédiments qui composent l'horizon houiller de Belgique (2), c'étaient encore les conditions de gisement de nombreux troncs-debout accusant beaucoup plus le transport qu'une végétation autochtone (3), c'étaient enfin de nombreux galets parfaitement roulés qui se trouvaient disséminés

(1) M. de Lapparent s'en est fait l'avocat. Cfr. *L'Origine de la Houille*, REVUE DES QUEST. SCIENT., juillet 1892. Et aussi : *Traité de Géologie*, 5me édit., 1906, pp. 976-990.

(2) *Projet d'étude des bassins houillers belges.* REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XXXVII, janvier 1905, pp. 145 159.

(3) *La Portée géogénique des troncs-debout.* ANN. DE LA SOC. SCIENT., 1895-1896, t. XX, première partie, pp. 113-117.

dans la houille même, lui imprimant ainsi le caractère d'une alluvion (1).

Malgré ces observations, qui auraient dû nous écarter de la théorie traditionnelle et nous gagner pour de bon aux idées de la formation par transport, un fait nous arrêta. Il nous amena à concevoir alors une hypothèse hybride qui, nous semblait-il, aurait pu satisfaire dans la mesure voulue aux exigences des deux théories. Ce fait, il convient que nous y insistions, c'est le « mur » géologique (2) de nos couches de houille. Tout le monde le sait, le mur est cet aspect particulier que prend tout sédiment en dessous d'un lit de charbon. Le caractère stratigraphique de la roche est comme atténué par la macération particulière qu'y a amenée la végétation, dont le développement *in loco natali* s'affirme sans conteste. Les axes des racines *(stigmaria)* pénètrent naturellement la roche avec leurs radicelles inconsistantes radiant tout autour dans la situation même de la vie, surprise par la pétrification de l'ensemble. En un mot, ce mur n'est autre chose qu'un sol de végétation qui se répète *dans l'épaisseur* de la formation houillère, non seulement autant de fois qu'il y a de veines exploitables, mais autant de fois qu'il y a de simples passées de charbon ; et qui s'étend *en surface*, à chacun de ces niveaux, autant que chacune de ces couches mesure d'extension. L'absence d'un mur en dessous d'une couche de houille est un fait exceptionnel et absolument local. Un phénomène d'une pareille signification s'impose à l'observateur d'une façon si pressante qu'on ne peut point négliger son importance dans les déductions théoriques qu'on est amené à formuler. La chose ne laisse pas place au doute : *le mur des*

(1) *A propos des cailloux roulés du houiller*. ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1894, t. XXI, pp. LXXI et suiv.

(2) *Le Mur des couches de houille et sa flore*. ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1895, t. XXII, pp. 13 et suiv. — *La signification géogénique des Stigmaria au mur des couches de houille*. ANN. DE LA SOC. SCIENT., 1896-1897, t. XXI, première partie, pp. 86-92.

couches de houille est un phénomène autochtone. Il indique d'une manière péremptoire la présence d'une végétation qui s'est naturellement développée à l'endroit même où on en trouve le système radiculaire pétrifié.

C'est en considération du mur géologique que nous ne parvînmes pas jadis à nous dégager entièrement des idées d'autochtonie. Nous pensions alors que, si les éléments rocheux de la formation houillère étaient dus uniquement à la sédimentation, il n'en était pas de même de la *totalité* des lits charbonneux. Ceux-ci étaient parfois la trace d'une végétation autochtone qui avait pris racine sur la plaine maritime, tandis que, grâce à d'autres causes — par exemple à des érosions — il était venu s'y ajouter des débris de la végétation continentale. C'était là une vraie sédimentation humique — la « bouillie végétale » de de Saporta — amenée de la terre ferme par les cours d'eau. Il y avait donc quatre procédés différents : l'allochtonie de tous les sédiments, schistes ou grès ; la modification de ceux-ci en « mur » par l'implantation d'une végétation ; et enfin l'autochtonie ou l'allochtonie de la houille, d'après que celle-ci provenait des restes de la végétation transformés sur place, ou bien qu'elle provenait de l'apport, par les eaux courantes, des débris végétaux enlevés aux terres voisines (1).

Pour tirer profit de ces observations, il nous manquait, comme à beaucoup de géologues, la connaissance des tourbières, avec lesquelles nous aurions dû pouvoir établir

(1) M. A. Renier vient de réunir dans un mémoire les principaux faits connus, qui établissent l'autochtonie des « murs » et des « troncs-debout » des bassins belges (*a*). Ce n'est pas l'endroit d'en discuter le contenu. Disons seulement que nous préférerions, pour schématiser le cycle houiller, la formule : « *stampe, mur, couche de houille, stampe.....* » Il est plus logique de fournir d'abord au mur de quoi s'établir.

(*a*) *Observations paléontologiques sur le mode de formation du terrain houiller belge.* ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1906, t. XXXII, pp. M 26 et suiv., pl. XI.

un parallèle pour édifier d'une façon scientifique la théorie de la formation autochtone de la houille.

L'année dernière, M. le Dr H. Potonié, professeur à l'École des Mines de Berlin, fut prié d'exposer à Liége, dans le pavillon de la Société Internationale de Forage d'Erkelenz, ses idées touchant la formation de la houille. Son exposition était des plus parlantes, appuyée sur des échantillons variés, recueillis au cours de ses longues et savantes observations. Cependant le public, avec ses idées préconçues, n'aurait guère tiré tout le parti désirable de cet ensemble si complexe. Il fallait un guide. M. Potonié rédigea un mémoire et voulut bien recourir à nous pour le présenter aux lecteurs de langue française (1). Ce travail nous amena à pénétrer les idées du savant professeur ; il nous dévoila tout un monde nouveau d'observations et nous ébranla singulièrement dans la tendance de plus en plus prononcée qui nous entraînait à attribuer dans la formation de la houille la part du lion au transport.

Ce qui nous manquait, nous le disions tout à l'heure, c'était la connaissance des tourbières actuelles. Or, M. Potonié avait passé à la paléobotanique avec un acquis immense amassé par de longs travaux botaniques au milieu des marécages tourbeux de l'Allemagne du Nord. Ses observations venaient renverser beaucoup d'idées reçues touchant la vie des tourbières et nous apprenaient une foule de détails qui, à chaque pas, établissaient un trait d'union nouveau entre le passé de la houille et des lignites et le présent des tourbières. Qu'il nous permette de lui exprimer ici notre plus vive gratitude pour les marques de confraternité scientifique aussi aimables que désintéressées dont il nous honora.

(1) *Entstehung der Steinkohle*, von prof. Dr H. Potonié. 3e Aufl. Berlin, Bornträger, 1905.

Cette brochure a été largement distribuée à l'Exposition. Notons à ce propos que, en la traduisant, nous nous sommes attaché à rendre le plus fidèlement possible la pensée de l'auteur ; ici nous avons pu nous affranchir de cette rigueur et adopter la forme à notre manière de voir.

Avant d'aborder l'examen du parallèle qui va s'imposer à nous, à la lumière des faits nouveaux, il convient que sommairement nous exposions les grandes lignes de la formation actuelle des gisements d'origine végétale.

On pourrait énoncer ce principe : toute accumulation de débris organiques, et particulièrement de restes végétaux, dépend de la relation qui s'établit par le jeu des circonstances entre la production des organismes et leur décomposition chimique. Si celle-ci égale et surtout dépasse celle-là, il n'y aura point d'accumulation.

Ainsi le végétal qui tombe à découvert sur le sable de nos chemins devient aussitôt la proie de l'oxygène de l'air qui l'aura bientôt réduit en eau (H_2O) et en gaz (C_2O). Ce sera la *destruction*. En repassant par le chemin, vous pourrez voir se dessiner encore dans le sable l'organisation délicate de la feuille qui y était étalée, mais vous ne distinguerez plus aucune trace des matières qui l'ont composée. Ce jeu-là pourra, à un endroit donné, se répéter maintes fois, sans que jamais aucune trace palpable ne puisse en rester : le processus de la décomposition l'emporte radicalement sur celui de la production.

Il en va tout autrement lorsque, aux pieds des arbres d'une forêt, s'accumulent les dépouilles de sa végétation dense et compacte. Les débris se recouvrent rapidement les uns les autres, dans un milieu tout de moiteur où la stagnation de l'air est favorisée par les couronnes enchevêtrées des arbres et des buissons. Dans ces circonstances l'oxygène ne peut pas exercer son action assez rapidement pour amener une destruction complète. A la faveur du milieu spécial, qui n'est point aseptique, mais où l'action bactérienne est intense, le produit humique qui se formera sera le *terreau*. C'est un humus nettement alcalin ou neutre. Dans ce cas-ci il se constituera déjà une certaine accumulation humique qui, si elle est à temps recouverte par un sédiment, pourrait donner lieu à une couche de matières charbonneuses.

Mais les circonstances sont bien autrement favorables à une accumulation importante de produits humiques dans les milieux où se développent les tourbières. La *tourbière* est essentiellement une végétation marécageuse qui, tout en se développant à l'air libre, a son pied sous le manteau protecteur de l'eau. Grâce à une adaptation particulière, les végétaux tourbeux meurent par leur base sous l'eau, tandis que des niveaux successifs de racines s'étagent le long de leurs tiges et de leurs troncs. Le végétal peut ainsi accumuler sous lui, abrités contre l'oxygène par une eau peu mouvementée, les restes de toute sa vie, et assurer, tant que les circonstances ne changeront pas, la continuité de la croissance tourbeuse. La tourbe est aussi un humus, mais un humus entièrement aseptique et d'un caractère franchement acide.

Il suffirait, pour passer de la tourbe au lignite, et du lignite à la houille, d'imaginer un processus chimique qui s'exprimât par l'idée d'un *enrichissement en carbone* (1). Le malheur en tout ceci est que la chimie des matières humiques en est encore à l'a b c. Ce chapitre reste entièrement ouvert aux investigations des spécialistes. Espérons que l'intérêt qu'y trouverait la géologie, engagera quelque patient chercheur à élucider cette difficile question. L'impossibilité où nous nous trouvons de tabler actuellement sur les conclusions des chimistes, ne doit pas cependant nous défendre d'émettre une idée qui n'a pour elle rien d'improbable.

Passons enfin à un milieu plus spécial encore, celui des eaux stagnantes ou semi-stagnantes où se forment les *Sapropels* (boues de putréfaction). M. Potonié a créé ce terme, pour grouper toutes espèces de vases organiques fort répandues, qui ont jusqu'ici trop peu attiré l'attention

(1) On trouvera les plus suggestives considérations à ce sujet dans la conférence faite à Arras, en 1904, par M. Ch. Barrois, de l'Institut. Cfr. *Sur le mode de formation de la houille au Pas-de-Calais*. ANN. DE LA SOC. GÉOL. DU NORD, 1904, t. XXXIII, pp. 156 et suiv.

des naturalistes. Fraîche, cette vase singulière est d'un aspect boueux et au toucher fort élastique (1) ; séchée elle durcit extrêmement, se craquèle et présente des cassures conchoïdales quand elle est ancienne.

L'examen microscopique nous montre le sapropel constitué de débris plus ou moins décomposés, appartenant aux plantes et aux animaux aquatiques, qui se trouvent comme noyés dans une gelée. Celle-ci ne peut être que le résidu humique d'une décomposition initiale des organismes entamés qu'elle empâte. Peut-être pourrait-on rapprocher cette constatation de la présence constante d'une « matière bitumineuse » qui compénètre la masse de tout charbon, d'après les consciencieuses recherches de M. C.-Eg. Bertrand (2). En tous cas les faits indiquent que, dans ce milieu, l'oxygène, agissant au début, s'est trouvé en quantité insuffisante pour amener la « destruction ». Mais ce qui ne s'explique guère, c'est que cette décomposition amorcée se soit arrêtée, et que le résidu soit comme figé dans un état définitif. Ainsi les échantillons de sapropel, qui avaient passé à Liége les plus chauds mois de l'année, n'accusaient pas le moindre progrès de décomposition à la fin de l'exposition !

L'intérêt de la matière nous engagerait à ne pas nous en tenir au sapropel pur ; mais nous étendrions trop le cadre de notre sujet. Il est rare, en effet, que cette roche se présente dans une homogénéité absolue. Ordinairement des sédiments minéraux s'y mêlent, ils peuvent même

(1) Dans les régions à sous-sol tourbeux, comme en Hollande, la présence éventuelle de cette formation est prévue dans les cahiers de charge. Son élasticité joue parfois de mauvais tours aux entrepreneurs. Elle résiste au début, puis la bâtisse s'alourdissant, en une fois, le sol cède et la vase sapropélienne (Derrie ou Darink en Hollande) s'échappe tout autour de la construction, qui s'effondre d'autant en dessous du niveau prévu.

(2) *Ce que les coupes minces des charbons de terre nous ont appris sur leur mode de formation.* — MÉM. DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE... GÉOLOGIE APPLIQUÉE, Liége, 1905.

constituer la masse tandis que le sapropel n'en sera plus que l'accessoire.

Qu'il nous suffise de dire ici que tout cet ensemble rentre dans la classe des *roches sapropéliennes*. Tantôt, comme dans les cannel-coal, les boghead, les kieselguhr, etc., le sapropel prédominera — tantôt, comme dans les roches bitumineuses ou fétides, le sapropel ne fera qu'imbiber la pâte minérale. Tous ces degrés se rencontrent dans la formation houillère depuis le sapropel pur — qui serait la houille mate, d'après M. Potonié — jusqu'au sédiment minéral qui dégage des hydrocarbures à la flamme. Enfin indiquons simplement que M. Potonié a établi qu'au nombre des sapropels se rangent les roches-mères des pétroles (1).

Les différents stades que nous venons de rencontrer en appellent tous à l'autochtonie. Si nous n'avons pas signalé de phénomène où l'accumulation d'un combustible soit due au transport, c'est tout simplement, qu'à notre connaissance, il n'y a pas de formation où actuellement nous puissions observer la constitution d'un pareil gisement dû à cette cause. Il est vrai qu'on cite certains sondages — comme ceux de l'*Albatros*, rapportés par Agassiz — où du fond du golfe du Mexique, les appareils auraient ramené des végétaux *dans tous les états de la décomposition*, mêlés à la vase à globigérines! Le fait est intéressant, mais il est unique. Et il s'agirait encore de démontrer que c'est à partir du charriage même que ces végétaux étaient ainsi décomposés. Il nous reste de ce que nous avons appris par M. Potonié, comme de nos propres observations, qu'il paraît bien difficile, sinon impossible, qu'une masse végétale — la « bouillie » de de Saporta — soit charriée à quelque distance par des eaux courantes, sans être notablement diminuée, si même elle ne partage pas le

(1) *Zur Frage nach den Ur-materialien der Petrolea* von H. Potonié. — Jahrb. d. Königl. Preuss. Geol. Landesanstalt, B. XXV, SS. 542-568.

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — LAC SUR L'ANCIEN BRAS DE LA HAVEL. STADE A *Sapropel*.
(Schlachten See, Grunewald, Berlin.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — MÊME LAC AURÉOLÉ DE SAPROPEL. — ROSELIÈRE ENVAHISSANTE.
AU LOIN LA TOURBIÈRE BOISÉE.

sort des végétaux que nous voyions tout à l'heure réduits à la « destruction ». Descendez en Belgique des faîtes de la Baraque Michel, où vivent pas mal de tourbières, et vous verrez descendre à vos côtés mille filets d'eau tout teintés de noir par les matières humiques dont ils se sont chargés en parcourant le plateau. Vous ne devrez pas marcher bien loin pour constater que la teinte s'éclaircit et que bientôt même l'eau par ses remous aura permis à l'oxygène de l'air de brûler entièrement l'humus qu'elle charriait. C'est un exemple de fort petite mesure, mais nous avons sur le monde de grands fleuves, le Rio-Negro, le Congo, etc., qui charrient des dépôts analogues en proportion de leur importance comme de celle des forêts tourbeuses qu'ils traversent. Or nulle part on ne nous a montré jusqu'ici un recoin, une anse plus tranquille, un lac où ces grands charrieurs de matières végétales auraient déposé une sédimentation de combustibles végétaux. Ils roulent leurs eaux toutes noires jusque dans la mer et c'est là, dans les remous de l'estuaire, que se détruisent les dernières traces du transport de matières végétales.

Avant de passer à l'analyse du phénomène actuel, tel qu'il s'offre à nos observations, il convient de nous arrêter encore à une remarque préliminaire, d'une portée fort générale. Nulle part, et surtout dans notre vieille Europe, dont l'homme a pris tellement possession, nous ne voyons la nature librement agir ; partout l'homme intervient et la régit brutalement. Voulez-vous un exemple : nous parlions tout à l'heure de fleuves, quels sont ceux qui sont encore abandonnés à leur libre développement ? Ici on les rétrécit, là on leur donne plus d'ampleur, on établit des barrages, des écluses, on les enserre de quais rigides, on va même jusqu'à leur faire... de « grandes coupures ». On comprendra aisément qu'il serait dangereux d'établir des théories si l'on prétendait trop rigoureusement tenir compte de ce que l'on voit dans la nature telle qu'on peut l'atteindre aujourd'hui : le « voile de la civilisation » déforme et

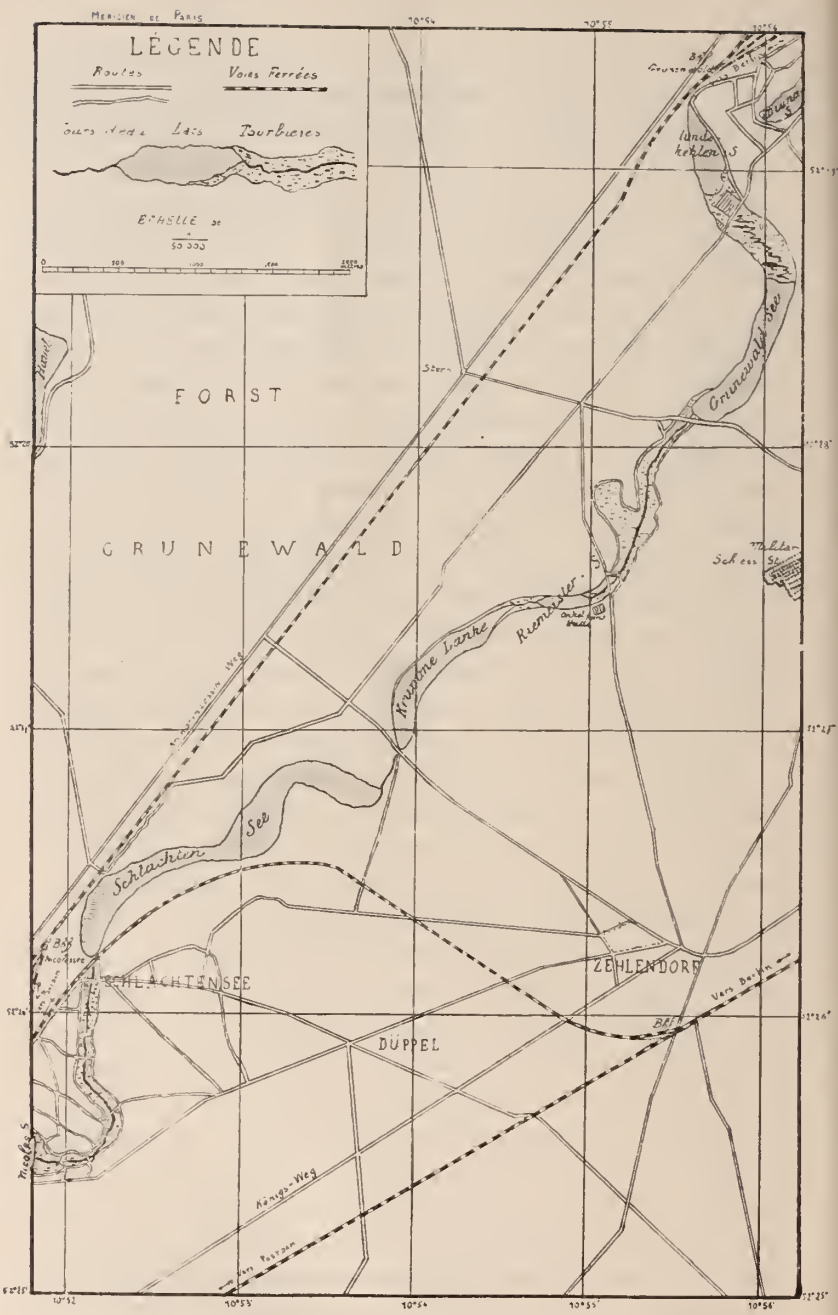


Fig. 1. — Bras de la Havel envahi graduellement par le régime tourbeux.

masque beaucoup trop les choses. Il ne faut point chercher dans nos observations des photographies selon lesquelles nous voudrions reconstituer trop fidèlement le passé. M. de Lapparent nous a mis en garde contre la « fascination des causes actuelles ». Ce n'est que sage ; vouloir trouver dans le présent l'*absolue* représentation du passé serait une grave erreur. Mais nous pensons, d'autre part, qu'il est également hasardeux de vouloir faire de toutes pièces le passé, sans avoir égard à ce que nous enseigne la nature d'aujourd'hui. La nature jouit d'une activité trop exubérante, trop capricieuse pour se laisser enfermer dans l'étroitesse d'un cadre aussi conventionnel.

Il y a, non loin de Berlin, un bras de la Havel (Fig. 1), est en voie de disparaître par l'ensablement de son fond et qui par la conquête que les végétaux font lentement, mais à coup sûr, de chacun des lacs qui s'échelonnent le long de son ancien cours. Lorsqu'on observe les lacs — le Schlachtensee, par exemple (Pl. I, fig. 1) — qui sont encore largement ouverts, on voit s'y développer une grande quantité d'algues, de plantes et d'animaux aquatiques. Les restes de ces organismes ne tardent pas à se précipiter au fond des eaux semi-stagnantes en s'additionnant des excréments de la faune aquatique et des organes caducs des plantes riveraines. Cette formation se produit d'une façon très active dans la plupart de ces lacs ; elle en tapisse le fond et en auréole (Pl. I, fig. 2) les bords : c'est du *sapropel*.

Grâce à cette bordure, composée d'une matière éminemment nutritive, la végétation hydrophile qui cerne le lac se hâte de l'envahir. Il se fait ainsi que, dans un temps relativement court, des surfaces aquatiques se trouvent entièrement envahies par la végétation qui s'y glisse à la faveur de la vase sapropélienne (Fig. 2). Le premier résultat de cet envahissement végétal est la constitution de ce que nous connaissons sous le nom de « prairie élastique » (Pl. II, fig. 1). Des *Nuphar*, des *Potamogeton*, des *Phragmites*, des *Glyceria*, des *Carex* et bien d'autres plantes

adaptées à ces milieux s'acquittent graduellement de la besogne. Et voilà le régime de tourbière amorcé : c'est

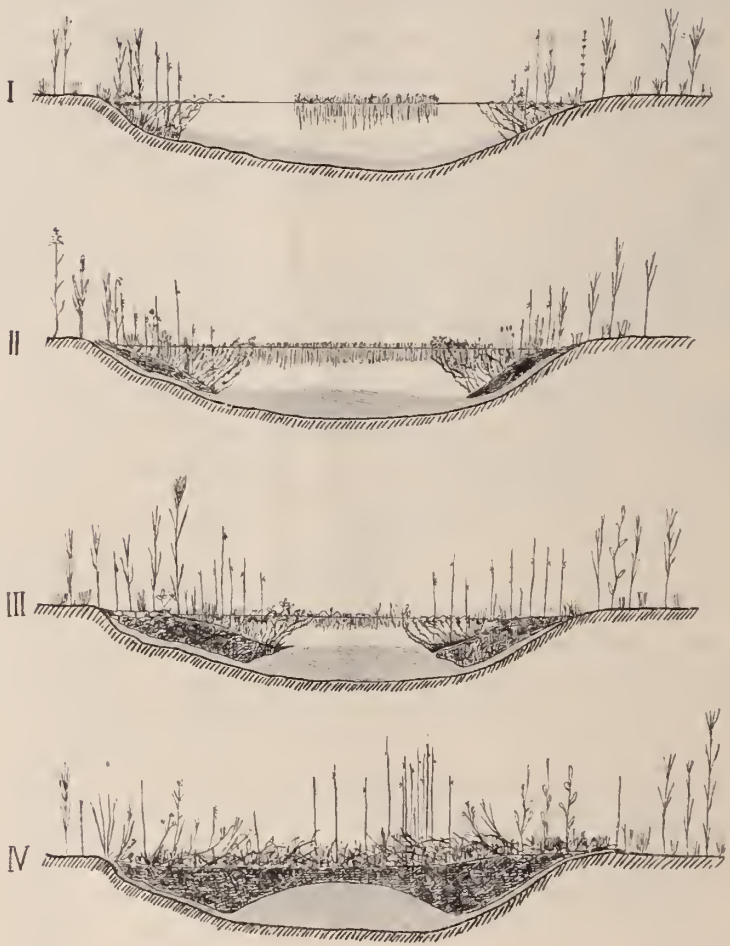


Fig. 2. — Représentation schématique de l'envahissement des lacs par l'accumulation sapropélienne (le pointillé) et la multiplication des plantes hygrophiles (*Verlandung*). Aller de I à IV; IV est le stade de prairie élastique.

le premier stade de *tourbière plate*, le stade marécageux, la « roselière ».

Nous le savons, ces prairies élastiques prennent bientôt

Cliché de l'auteur.

FIG. 1.

TRANSITION : 1. Lac. — 2. Roselière. — 3. Prairie élastique. — 4. Tourbière boisée.

(Krumme-Lanke, Grunewald, Berlin.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — TYPE DE BOIS A TOURBIÈRE.

(Baketal, Teltowcanal, Gross-Lichterfelde, Berlin.)

assez de consistance pour supporter des charges, voire pour permettre petit à petit l'établissement à leur surface de bois et de forêts. Parmi la végétation arborescente, qui constitue ainsi le second stade de tourbière plate — la *tourbière boisée*, — dominent les aulnes (*A. glutinosa*), les bouleaux (*B. pubescens*), les sapins, les chênes, les fusains, etc., le tout bientôt envahi par les plantes grimpantes — les lianes de ces climats — le houblon, le chèvrefeuille, etc. (Pl. II, fig. 2, Pl. III et Pl. IV, fig. 1). Ce tableau d'ensemble nous montre les tourbières sous un aspect pittoresque, sous lequel nous n'étions pas accoutumés à nous les imaginer. Quand toute cette végétation se trouve harmonieusement mêlée dans une tourbière, M. Potonié y voit — nous le justifierons plus tard — le type moderne le plus rapproché de ce que devaient être les forêts houillères (Mischwaldflachmoor : *tourbière boisée à essences diverses).*

Il est aisé de comprendre qu'une végétation aussi puissante ne puisse pas s'établir là où l'alimentation ne serait pas en proportion de ses appétits. Aussi voyons-nous qu'au travers de toutes ces tourbières circulent des eaux, quelquefois des rivières, des fleuves, qui apportent aux végétaux une nourriture sans cesse renouvelée. Nous sommes loin des tourbières qui s'étioleraient à l'entrée de la moindre eau impure !

Mais supposons maintenant que les circonstances viennent à empêcher l'eau de pénétrer encore la tourbière, ou que, par l'accumulation tourbeuse même, la surface où la vie se développe, dépasse le niveau où l'alimentation se produit, et voilà que les végétaux propres aux tourbières boisées arrêtent leur développement, deviennent difformes, chétifs, et bientôt dépérissent (Pl. IV, fig. 2 et Pl. V, fig. 1). Pour peu que dans ces circonstances-là le milieu, par suite du climat, par exemple, soit particulièrement humide, une nouvelle végétation naine, plus résistante et surtout plus sobre (les *Sphagnum*, les *Eriophorum*, les *Vaccinium*, les *Scheuchzeria*, etc.),

prend pied et amène la tourbière au stade de *tourbière bombée* (Pl. V, fig. 2 et Pl. VI, fig. 1). Ce sont là, en somme, les tourbières dont parle le plus la littérature géologique; mais, comme on voit, elles ne constituent qu'une étape parmi toutes celles que peut traverser ce régime si complexe. Une tourbière bombée peut non seulement se passer de nourriture, mais elle n'en supporte pas. Si une circonstance, un changement de régime, venait à lui en amener, elle périrait et retournerait à l'un des stades antérieurs. Non loin du château de Grunewald se trouve une petite tourbière bombée. Son existence, menacée par diverses causes, vient de l'être d'une façon plus sensible encore par la proximité d'une route que les automobiles fréquentent beaucoup. La poussière, que celles-ci soulèvent, et les fumées hydrocarburées, qu'elles lancent, apportent à la tourbière une nourriture trop abondante qui va achever de la faire dépérir.

Mais continuons la marche normale. Si la tourbière continue à s'accroître, l'accumulation humique va nécessairement s'élever tôt ou tard au-dessus du niveau de l'humidité qui lui est nécessaire avant tout. Ce sera la sécheresse, presque l'aridité (Pl. VI, fig. 2). Alors s'établira par dessus la tourbière bombée *la bruyère* (*Calluna*, *Erica*, etc. ...) stade dernier, type de la décrépitude ultime dans la vie des tourbières.

Nous venons dans ce court aperçu de retracer d'une façon *toute théorique*, tous les différents états par lesquels pourrait passer une tourbière. Mais, il convient d'y insister, cette succession ainsi représentée est purement théorique : c'est un schéma. Loin de nous d'en inférer que partout et toujours la succession se fait dans cet ordre complet et que toujours, devant une tourbière fossile, il faille rechercher les différents lits accusant la superposition des cinq formations (Pl. VII, fig. 1) que nous venons de décrire.

Quelques exemples mettront notre remarque en pleine lumière. On a pu voir parmi les documents exposés à

Clichés de l'auteur.

FIG. 1-2. — TYPES DE TOURBIÈRE BOISÉE A ESSENCES VARIÉES (LIANES).
(Barnbruch, Fallersleben, Brunswick.)

Liége par M. Potonié, la photographie d'une minuscule tourbière bombée, née sur la surface mamelonnée mais nue d'un bloc erratique du Hartz. En somme, que faut-il pour qu'il s'établisse une tourbière bombée ? Rien n'exige que quelque autre formation tourbeuse se soit d'abord développée en cet endroit. Il suffit d'une atmosphère saturée d'humidité, de quelques spores ou semences appropriées amenées en cet endroit, mais par dessus tout d'un sol dépourvu de principes nourriciers. Ce qui s'est fait directement sur cette roche, aurait pu se faire aussi bien sur un sable bien lessivé, comme en toutes conditions analogues. Nous parlions à l'instant de la disparition d'une tourbière bombée cédant à nouveau la place à une tourbière boisée. Ce fait seul indique la possibilité d'alternances répétées de lits tourbeux appartenant à des régimes différents. Imaginons même qu'une bruyère tourbeuse s'effondre assez pour provoquer par dessus sa surface un envahissement lacustre, et nous trouverons du sapropel (1er stade) superposé à de la tourbe de bruyère (5e stade). En petit nous pouvons observer ce phénomène, lorsque des roselières, envahies par les eaux aux périodes de crue, se couvrent de « papier d'algue ». Pareille alternance, d'une formation aquatique et d'une autre plus terrestre, ne pourra-t-elle pas se répéter souvent ? Sur la tranche, la tourbe qui en résultera, devra présenter un aspect stratifié, rappelant celui de la plupart de nos morceaux de charbon où des lames brillantes alternent avec des lames mates.

Tout ceci revient à dire que s'il nous a fallu décrire le phénomène tourbeux dans un ordre — et nous avons préféré un ordre logique, — nous ne voulons nullement signifier par là que toujours dans la nature le phénomène se présente avec la succession rigoureuse de toutes ses phases possibles. Cela dit encore, si l'on y réfléchit, que toutes ces diverses végétations que nous avons décrites en rapport avec les divers régimes tourbeux peuvent fort bien se rencontrer sans qu'on trouve par dessous l'accumulation tourbeuse à laquelle on pourrait s'attendre. Ainsi tel lac

des environs de Swinemünde (Ahlbeeker See) s'est si fort rempli de sapropel que son eau adipeuse n'y permet plus la libre navigation. Et cependant les conditions du milieu n'ont pas encore amené par dessus l'établissement des régimes tourbeux qui devraient, semble-t-il, s'y être installés depuis longtemps. Encore un exemple, plus proche de nous : la surface aride de notre sableuse Campine a amené le développement de bruyères sans fin, et cependant nous ne voyons que rarement se former sous leurs pieds la tourbe de bruyère. Cela prouve tout simplement — rappelons-nous notre premier principe — qu'en cette région les conditions du milieu, tout en étant favorables à la croissance de l'association végétale propre aux bruyères, favorisent d'ailleurs la « destruction » des végétaux dans une telle mesure qu'aucune accumulation humique n'a le temps de se constituer. Nous n'y relevons que des humates ferreux qui teintent le sol et forment quelquefois des croûtes d'*alios*.

Les conditions idéales pour l'établissement du régime des tourbières sont les suivantes. Il faut une humidité climatérique intense, soit par continuité des pluies, soit par humidité persistante de l'air, soit par irrigation pénétrante et ininterrompue du sol. Toute cette eau contribue d'une part au développement des plantes qui fournissent le plus volontiers de la tourbe, tandis que d'autre part elle alimente cette nappe protectrice à la faveur de laquelle s'opère la macération tourbeuse. Il semble aussi que la lumière tamisée soit plus favorable au phénomène que la lumière solaire directe et intense. On pense assez généralement que c'est la condition dont bénéficiait la terre aux temps carbonifériens. Une bonne partie de l'eau actuellement condensée sur notre planète devait encore se trouver dans l'atmosphère. Cette enveloppe nuageuse tempérait l'action directe du soleil et procurait à toute la végétation les avantages des serres où la lumière obscure est d'autant plus agissante qu'elle reste captive. En tous cas MM. Ber-

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — TOURBIÈRE PLATE BOISÉE A ESSENCES VARIÉES.

(Dalle, Hanovre.)

1

2

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — TRANSITION DE LA TOURBIÈRE BOISÉE (1) VERS LA TOURBIÈRE BOMBÉE (2).

(Dalle, Hanovre.)

thelot et G. André (1) ont montré que l'activité directe de la lumière solaire aidait singulièrement la rapide destruction des résidus végétaux. C'est peut-être pour ce motif qu'on signale plus rarement des dépôts humiques de quelque importance dans les régions tropicales qui à d'autres titres sembleraient tout indiquées pour produire en masse des formations de tourbe.

L'ensemble des conditions que nous avons détaillées est bien celui dont jouit la grande plaine morainique qui s'étend vers la mer du Nord et la Baltique. Les relevés récents nous apprennent que les tourbières couvrent en Poméranie 10 p. c. de la surface du sol, 15 p. c. en Hanovre, 30 p. c. en Finlande. Ce sont des conditions analogues qui ont multiplié par centaines, sur les flancs irrigués des Alpes, les centres tourbeux dont le grand mémoire de MM. Früh et Schröter (2) vient de nous révéler l'existence et la vitalité. C'étaient aussi, nous n'hésitons pas à le croire, dans des conditions analogues que devaient se trouver les régions carboniférienne alignées dans les synclinaux le long du plissement hercynien, ainsi que plus tard les régions des lignites éogènes qui s'allongeaient au pied du plissement alpin.

Mais il est temps d'en revenir à la formation de la houille. Nous l'avons dit, avec M. Potonié nous voyons dans *les tourbières plates à essences variées* le type le plus rapproché de ce que devaient être les tourbières carboniférienne. Il s'agit de justifier cette manière de voir.

Et d'abord, parmi les tourbières actuelles ce type-là est le seul qui comporte le développement d'une végétation très variée et dont les individus atteignent la forme arborescente dans toute sa plénitude. Or il ne faut pas s'être occupé

(1) *Sur l'oxydation spontanée de l'acide humique et de la terre végétale.* — COMPTES RENDUS de l'Acad. des Sciences, 1892, t. CXIV, pp. 41 et suiv.

(2) *Die Moore der Schweiz.* — BEITR. ZUR GEOL. DER SCHWEIZ, III Lieferung, 1904.

beaucoup de paléobotanique houillère pour savoir combien la flore de cet âge est mêlée, et combien grands sont les végétaux — même les cryptogames — qu'on y rencontre. Il ne faudrait pas croire cependant que du fait qu'il s'agit d'une végétation à grande allure, la tourbe formée sur place allât accuser dans sa masse la conservation d'organes, voire de plantes entières. L'examen de la tourbe, si autochtone qu'elle soit, montre une désagrégation bien comparable à celle qu'on a relevée jusqu'ici dans la houille. C'est pour croire que la macération tourbeuse désorganise pro-

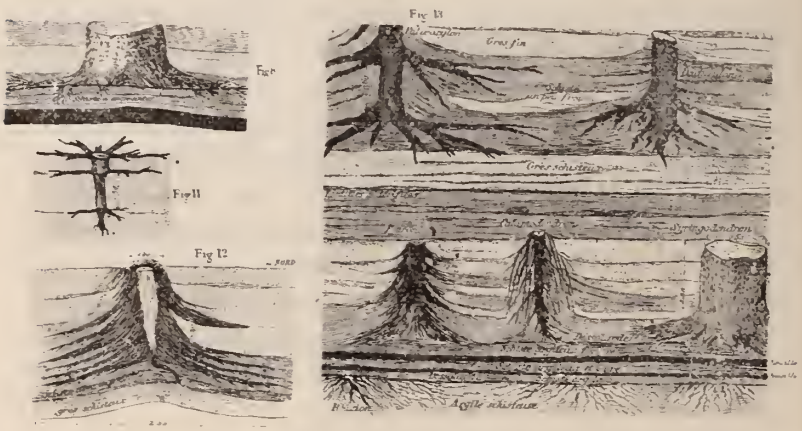


Fig 3. — Croissance étagée de végétaux houillers du bassin St-Étienne d'après M. C. Grand'Eury. *Formation des couches de houille*, Pl. XXVII.

fondément les végétaux les plus puissants. Dans les lignites la désorganisation est tout aussi accusée. Il est exceptionnel de pouvoir reconnaitre dans la masse l'organisation d'une partie appréciable de végétal.

Quant au mode de croissance des végétaux de tourbière, il rappelle par bien des traits ce qu'on a observé dans la formation houillère. Ainsi en dessous des lits de tourbe on relève la présence du sédiment qui a donné l'hospitalité à la première végétation (Pl. VII, fig. 2). C'est le « mur » de la couche, son sol végétal où l'on voit le développement des racines *in loco natali*, tel que nous le connaissons aux

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — RACHITISME DES ARBRES ET CROISSANCE EN TOUFFES DES PLANTES BASSES, DANS UNE TOURBIÈRE BOMBÉE.

(Grunewald, Berlin.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — TYPE DE TOURBIÈRE BOMBÉE.

(Triangel, Gifhorn, Hanovre.)

murs de nos houillères. Quant à l'appareil radical lui-même, il a deux caractères spéciaux. Il accuse d'abord la « croissance étagée » telle que, depuis longtemps, M. Grand'Eury l'a décrite pour la région carboniférienne (Fig. 3). Si pour le passé nous ne pouvons guère la montrer d'une façon probante que sur des faits relevés en plein dans les sédiments, ce n'est pas à dire que ces mêmes végétaux croissaient autrement au milieu du marécage tourbeux. Seulement, au sein de la houille et du lignite la désorganisation est trop prononcée, pour que nous puissions nettement surprendre le phénomène, tel qu'on l'atteint partout dans les tourbières actuelles. L'important est d'établir que les espèces houillères avaient l'élasticité voulue pour s'adapter à un milieu enlizant.

Ensuite, pour les grands végétaux, cet appareil radical n'est jamais pivotant — dispositif qui n'assurerait aucune stabilité au milieu d'un marécage — mais au contraire il se développe puissamment en radeau (Pl. VIII, fig. 1) terminé par des racines traçantes, de manière à asseoir solidement le végétal à la surface du marécage, tout en lui assurant le moyen de respirer. Les souches en place, dont on rencontre quelquefois des restes appréciables, aussi bien dans les tourbières que dans les gisements de lignite, ne gênent nullement pour établir un rapprochement de plus avec certains troncs-debout observés dans nos charbonnages. Dans la grande tourbière de Triangel (Hanovre), nous avons eu la bonne fortune de rencontrer une plage où la bruyère et sa tourbe (dernier stade) avaient été consumées par un incendie. La photographie montre (Pl. VIII, fig. 2), sortant du milieu du lit tourbeux sous-jacent, les souches puissantes et serrées de la grande végétation arborescente qui avait couvert de sa luxuriante couronne cette tourbière actuellement désolée, au temps où elle appartenait encore au type des tourbières boisées. Si la formation tourbeuse s'était arrêtée en ce temps-là, et si, au lieu de passer à la bruyère, elle s'était

recouverte d'un manteau de sédiments, nous aurions eu, à n'en pas douter, au « toit » de cette couche de combustible, une légion de troncs-debout autochtones.

Un dernier détail encore justifie le choix que nous avons fait parmi les types de tourbières : c'est que seules les tourbières plates, et surtout les tourbières boisées, permettent l'apport par les eaux courantes d'éléments nourriciers et partant d'éléments minéraux. Or, c'est grâce à ces apports internes, dus aux eaux de circulation, qu'on peut expliquer aisément la formation dans les couches de combustible de ces concrétions minérales dont nous recueillons de nombreux témoins dans la formation houillère, ainsi que nous les rencontrons, en voie de constitution, au sein des tourbes actuelles. On attribue à une loi chimico-physique le fait qui amène au sein d'une masse homogène les principes minéralisateurs libres à se porter de préférence sur et autour de l'objet dont la présence rompt l'homogénéité de l'ensemble. Nous expliquons ainsi que dans un sédiment minéral un principe minéralisateur liquide se porte, pour le pétrifier et l'entourer même de couches concentriques qui en font un nodule, sur un corps organisé — un fossile — gisant dans le sédiment. Ici la distance du sédiment au reste organisé est frappante. Mais il semble que les choses se passent de même lorsque, dans une amas humique qui a subi la macération tourbeuse, il se trouve un élément, végétal aussi, mais qui n'en est pas réduit au même degré de décomposition, qu'il soit resté davantage ligneux ou bien qu'il ait été atteint de pourriture avant son enfouissement. Dans ce cas, le principe minéral liquide, circulant à travers l'ensemble, se portera de préférence pour le minéraliser sur cet organisme-là, qui rompt l'homogénéité de la masse. On expliquerait ainsi les concrétions siliceuses, ferrugineuses ou calcaires qui se trouvent fréquemment au sein des couches du houiller, et qui nous montrent souvent des végétaux à structure pétrifiée, dont la conservation a

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — MARES ASEPTIQUES DANS UNE TOURBIÈRE BOMBÉE.
(Kehdinger-Moor, Stade, Hamburg.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — BRUYÈRE AVEC GENÉVRIERS.
(Unterloh, Landes de Lüneburg.)

conduit aux récents et sensationnels progrès de la paléobotanique.

Il convient aussi de mettre en lumière le parti que la théorie doit tirer de l'extension des tourbières. Tout le monde connaît les surfaces énormes que couvrent sur le monde les formations houillères. A ne prendre que le grand bassin westphalien, qui s'étend d'Allemagne en Angleterre en passant largement par la Belgique et la France, on saisira aisément que le point de comparaison qu'on lui cherche dans la nature actuelle doit aussi être susceptible d'un grand développement superficiel. Remarque qui ne sera qu'accentuée, si l'on songe que les limites originelles de sa largeur (N.-S.) étaient loin de coïncider avec celles que lui assignent nos cartes géologiques : les plissements et les érosions les ont notablement réduites. Comment donc imaginer une même formation lagunaire — car cet immense bassin est nettement un et homogène — comment imaginer une même lagune s'étendant obliquement à travers 10 degrés de longitude, dont on ne connaît que vaguement l'aboutissant marin et plus vaguement encore l'aboutissant continental, avec son puissant régime fluvial? Ajoutons — tout, jusqu'à la structure intime des plantes, nous l'impose — que la végétation houillère était marécageuse et qu'il faudrait, pour rester fidèle à vaste l'idée de transport, amener les résidus humiques d'une surface continentale déjà assez basse, vers l'énorme lagune plus basse encore.

Ce que nous venons de dire du bassin westphalien, nous pourrions le répéter dans une certaine mesure de la plupart des bassins houillers. Nous verrions ainsi la terre ferme prendre à ces époques un développement qui serait plutôt inquiétant pour les océans. Il faudrait admettre en outre que tous ces systèmes lagunaires ont été proprement respectés par les vicissitudes subséquentes de la surface terrestre, tandis que l'appareil côtier comme

l'appareil fluvial auraient toujours été impitoyablement détruits. Ce serait demander beaucoup de bonne volonté.

Mais il en va tout autrement si nous en appelons à la formation sur place, aux tourbières. Il n'est plus nécessaire alors d'imaginer ces terres si étendues pour loger l'intense végétation carboniférienne, qui devrait être plus intense qu'on ne le pense, vu que le charriage en aurait nécessairement réduit d'une façon notable les résidus. Il ne faut plus chercher la place où tracer l'imposant réseau hydrographique, chargé de laver le continent, d'amener et d'étendre sur la plaine maritime la délicate « bouillie végétale », soigneusement triée. Il ne faut pas davantage ménager les contacts nécessaires entre la lagune et la mer. Il suffira d'une terre basse — que ce soit la dépression d'un synclinal, ou l'évasement d'une vallée — où l'irrigation intense et continue satisfasse aux exigences des végétations tourbeuses et dont la topographie permette à la mer voisine de la visiter en quelques points de son étendue, soit par de passagères incursions, soit par l'établissement d'un régime saumâtre plus ou moins franc. Grâce à la persistance de pareilles conditions du milieu, l'amas tourbeux pourra atteindre des proportions appréciables, et, au temps de la sédimentation minérale, rien n'empêchera — au moins dans notre bassin westphalien — ces lentes opérations dont témoignent tant de preuves et en particulier les humbles *Spirorbes* (1) enroulés sur de si nombreux fossiles houillers.

(1) Ch. Barrois, *Sur les Spirorbes du terrain houiller de Bruay (Pas-de-Calais).* — Ann. de la Soc. géol. du Nord, 1904, t. XXXIII, pp. 50 et suiv.

A. Malaquin, *Le Spirorbis pusillus du terrain houiller de Bruay, la formation du tube et leur adaptation en eau douce à l'époque houillère.* — *Ibid.*, pp. 65 et suiv., pl. II.

Il ne faut pas se le dissimuler, les Spirorbes tant de fois observés et qui viennent de faire l'objet de la belle étude renseignée ci-dessus, ces Spirorbes s'observent sur les fossiles recueillis dans la *stampe*, ils sont donc certainement allochtones. Il serait difficile d'attribuer les empreintes si nombreuses des sédiments aux *seules* souches qu'on y trouve parfois enracinées;

3

2

1

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — TOURBIÈRE EN EXPLOITATION MONTRANT LA SUPERPOSITION DES TOURBES :
1. Tourbe de roselière. — 2. Tourbe de forêt. — 3. Tourbe de bruyère.
(Triangel, Hanovre.)

3

2

1

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — MUR DE TOURBIÈRE.
1. Sédiment. — 2. Mur. — 3. Tourbe de roselière.
(Teltowcanal, Gross-Lichterfelde.)

Quant à la surface, peu importe. Rien ne limite l'extension possible d'une tourbière et surtout d'un ensemble de tourbières, tant que perdurent les conditions favorables à leur naturel développement.

Nous savons parfaitement qu'il y a une grande difficulté à expliquer la superposition de nombreuses couches de combustible, comme nous la voyons dans nos bassins houillers belges. Il faut, sur toute la surface du bassin, ramener le niveau terrestre à l'altitude qu'exige la vie des plantes, autant de fois qu'on compte de lits charbonneux, et cela après autant de périodes où la sédimentation y aura déposé les roches intercalaires (stampe). C'est un grave problème. Mais, est-il moins grave dans l'autre théorie ? Ne faut-il pas aussi des conditions hypsométriques bien définies pour provoquer un charriage ? Ne faudra-t-il pas même faire varier à la fois, dans une situation réciproque bien déterminée, et le niveau de la lagune et celui des terres où prospèrent les forêts ? La formation par transport ne fait donc que déplacer la difficulté, si elle ne l'augmente pas. M. Douvillé, le savant professeur de l'École des Mines de Paris, nous disait dernièrement que ses études sur les Pyrénées l'avaient conduit à démontrer que durant toute la surrection de ce système montagneux, les flancs avaient subi des oscillations continuelles et fort appréciables. Son mémoire va prochainement nous édifier à ce sujet. La lumière ne viendrait-elle pas de là ? Maintenant que nous admettons, que nous touchons du doigt — on peut le dire — la survivance des mouvements tectoniques les plus anciens, verrons-nous une impossibilité à croire que, lorsque la croûte terrestre était en travail de ces énormes chaînes

la plupart doivent appartenir aux stations échelonnées le long de la zone tourbeuse. Jusqu'ici donc les Spirorbes n'indiquent rien pour les lits charbonneux eux-mêmes.

L'évidence de l'allochtonie des empreintes nous a conduit d'ailleurs à ne tenir aucun compte, dans notre théorie, de la parfaite conservation « à la façon des plantes d'herbier » des végétaux délicats étalés entre les strates houillers.

de montagnes, les flancs de ces plissements et jusqu'à leur voisinage aient subi comme une répercussion de ces ridements gigantesques en les suivant de loin dans un mouvement oscillatoire plusieurs fois répété ? Cela nous sourit fort ; d'autant plus que le grand bassin westphalien se constituait tout juste dans un vaste synclinal courant au pied nord de la chaîne hercynienne, alors en plein mouvement de surrection. L'intermittence du mouvement oscillatoire par lequel cette dépression suivait ainsi l'ascension du système montagneux, l'aurait mise en situation, tantôt de recevoir des sédiments, tantôt de permettre à sa surface le développement de la vie. A cette fin, pas n'est besoin d'imaginer que ce mouvement se produisait de l'est à l'ouest avec un synchronisme et un ensemble absolus. Il suffit qu'au total chaque point ait été soumis à des variations d'amplitude sensiblement égales. Ceci justifierait la grande similitude et le caractère d'homogénéité qu'accusent les diverses régions d'un même bassin, tandis que l'asynchronisme relatif expliquerait les discontinuités latérales mises en une lumière si frappante par l'enchevêtrement lenticulaire que montrent les sédiments et les couches de combustible.

Notre conclusion se dégage de plus en plus : l'horizon houiller est constitué par des roches allochtones et par des lits charbonneux autochtones. Le mur n'est pas un sédiment spécial, c'est une simple modification amenée dans le sédiment par suite de l'établissement d'une végétation. Est-ce à dire que nous excluions tout phénomène de transport, une fois que nous nous trouvons en face d'un gisement humique ? Ce serait une absurdité criante. La nature n'agit point d'après des lois aussi simples : sa fécondité se manifeste par la complexité harmonieuse de ses opérations. Si nous en venons à croire que, en général, toute formation humique est autochtone, nous ne prétendons point qu'il ne puisse s'y rencontrer, à titre d'épisodes, des cas de transport ; comme, d'ailleurs, rien n'établit

Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — SOUCHE DRESSÉE MONTRANT LE DÉVELOPPEMENT EN RADEAU DES RACINES DES GRANDS ARBRES.

(Tourbière de Triangel.)

Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — SOUCHES EN PLACE DE LA TOURBIÈRE BOISÉE. MISES A NU PAR L'INCENDIE DE LA BRUYÈRE ET DE SA TOURBE.

(Triangel, Hanovre.)

à priori que certains gisements ne pourraient être dus uniquement à un phénomène d'allochtonie.

Par exemple, personne ne mettra en doute que les gisements de dopplérite, d'alios humique, etc., ne soient dus à une formation par transport ; pas plus qu'il ne viendra à l'idée de personne de comparer ces formations si peu importantes aux couches de charbon que renferment nos bassins houillers.

Pour peu qu'on observe les surfaces des roches accumulées sur les terris des charbonnages, on y voit souvent des brins de végétaux sensiblement de même grandeur et souvent orientés dans une même direction. C'est le « Häcksel » (paille hachée) des Allemands. Rien d'étonnant dans ce phénomène, puisqu'il s'observe au sein même des sédiments. Il indique qu'une eau courante a charrié des débris de végétaux frais, qu'elle les a classés et entraînés au gré de son cours, dans le sens que réclame la pesanteur. Mais ce phénomène a son pendant dans l'intérieur même des tourbières actuelles, des gisements de lignite et, sans doute, des gisements houillers. On voit, en effet, s'isoler certaines fois, au milieu même de la tourbe compacte, un paquet de tourbe boulante (Schlämmtorf) : ce n'est autre chose que de la tourbe « remaniée » par une eau courante et rejetée plus loin dans cet état désagrégé. M. Potonié explique de la même façon la présence du lignite boulant (Rieselkohle), si bien connu du mineur rhénan. Et nous nous demandons si une action analogue ne pourrait expliquer l'accident d'une houille qui ruisselle sous le pic de l'ouvrier, alors que le reste de la veine se débite en gros morceaux.

Il y a aussi les troncs-debout dont certains spécimens semblent, par leurs conditions de gisement, présenter plutôt un phénomène allochtone. Ils se trouvent en plein sédiment sans racines, parfois en situation peu naturelle, et accusant par le relèvement du sédiment qui les encaisse la preuve qu'ils furent comme ensablés. Qu'est-ce qui

nous empêche d'admettre que des troncs d'arbres aient été charriés de la même façon que la roche qui les moule? Nous devons avouer que nous n'attachons même plus à certains caractères la portée que nous leur donnions autrefois. Il ne faut pas oublier, en effet, que notre bassin houiller — nous ne parlons pas de celui de la Campine — a été intimement bouleversé par de multiples plissements. Ceux-ci ont fait jouer, si peu que ce soit, les strates les uns par rapport aux autres. Ainsi nous avons relevé aux charbonnages de l'Ouest-de-Mons un tronc d'arbre qui, dans un anticlinal aigu, se trouvait débité en autant de tronçons qu'il traversait de strates et ces tronçons n'étaient plus restés, de par le plissement, dans leur superposition naturelle ; pour certains le rejet était de l'importance du diamètre de la tige. Pareils faits nous amènent à douter de la signification que nous avons attribuée autrefois à des empreintes horizontales qui s'étalaient sous la base des troncs-debout du Bois d'Avroy (1). Nous étions en « dressant ». L'acuité du plissement aurait très bien pu déplacer les strates contigus de manière à glisser la base du tronc par dessus l'empreinte voisine : la superposition nous aurait trompé. D'ailleurs, plus on examine les souches qu'on trouve au voisinage d'une veine, plus on est porté à y voir des survivants de la végétation autochtone.

Il y a encore le fait des « cailloux roulés », fait auquel nous avons contribué à donner nous-même une grande signification. Pour être sincère, nous ne pouvons point dire que la question nous semble résolue. Les cailloux restent des témoins éminemment allochtones et dont la fréquence relative ne laisse pas d'être troublante. Seulement il est certain que ces cailloux se présentent d'une façon trop accidentelle, trop sporadique pour emporter la conviction. Ils se trouvent disséminés à travers l'horizon houiller sans

(1) *Un banc à troncs-debout aux charbonnages du Grand-Bac* (Sclessin-Liége). — BULL. DE L'ACAD. ROY. DE BELGIQUE, 1896, 3e s., t. XXXI, pp. 260-266, pl. I.

égard ni à leur masse, ni à leur nature. L'eau courante n'aurait-elle pas dû les classer par ordre de densité et en semer même de temps en temps des traînées? Cela imposerait avec plus d'évidence l'idée de transport.

Proposons deux explications qui pourraient, dans une certaine mesure, satisfaire aux exigences du phénomène observé. D'abord, rien ne nous empêche de supposer que de temps à autre les cours d'eau — comme la Sprée qui traverse le Spréewald (tourbière d'aulnes) — n'aient déraciné quelques grands végétaux tenant des cailloux empêtrés dans leurs racines et qu'ainsi, portés par ces radeaux, les cailloux ne se soient échoués au sein de la tourbière. Ensuite, pour peu que la tourbière ait été proche du rivage de la mer — comme celles de la Prusse Orientale ou de l'île de Sylt — les fortes marées auraient pu rejeter à certains moments des galets en pleine formation autochtone. Nous avons observé la chose au lendemain d'une tempête sur les rivages d'Helgoland. A cet endroit, le fond de la mer est tout couvert de galets ; de grandes laminaires s'y attachent et, lorsque la tempête remue les eaux, elle rejette sur la côte des galets sur lesquels l'eau n'aurait pas eu de prise si la surface de ces grandes algues ne lui avait prêté son concours. Les galets parviennent ainsi sur un rivage sans qu'on puisse après un certain temps s'en expliquer la présence, car le tissu de l'algue se détruit bien vite et laisse la pierre sans moyen de justification devant l'observateur étonné.

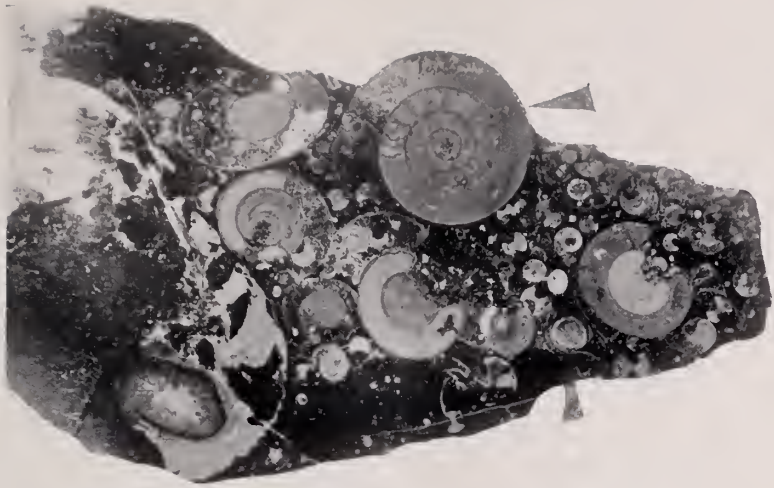
Un nouveau fait, plus frappant encore, vient d'émouvoir les savants. Dans les *coal balls* du Yorkshire, M. Lomax à rencontré des masses de Goniatites intimement mêlées aux débris de végétaux humifiés (Pl. IX) dont ces nodules carbonatés ont préservé en partie la structure intime (1). Voilà bien la mer : car il semble qu'on ne puisse pas attribuer à ces céphalopodes d'autre habitat que la

(1) Henri Douvillé, *Les « coal balls » du Yorkshire.* — BULL. DE LA SOC. GÉOLOGIQUE DE FRANCE, 1905, 4e série, t. V, pp. 154 et suiv., pl. VI.

haute mer. Comment se trouvent-ils en masses si compactes, comptant des individus de tout âge, au milieu de cette végétation continentale que nous croyons autochtone ? Le problème est ardu. Nous pouvons même en accentuer la portée en rapprochant de ce fait la présence si fréquente de *Goniatites*, de *Productus*, et d'autres animaux marins, à plusieurs niveaux de la plupart des formations houillères, de la nôtre en particulier (1). Nous avons l'unique ressource de supposer que la mer n'était pas fort éloignée de la région tourbeuse, pas assez du moins pour lui défendre des incursions répétées. La chose ne répugne point, c'est tout ce qu'on peut dire. On voit par ceci que nous ne tentons pas d'atténuer les difficultés au profit de notre cause ; nous avouons même que c'est une objection à laquelle nous ne voyons pas de réponse péremptoire. Seulement nous ne voyons pas davantage comment il serait plus facile d'interpréter le phénomène dans l'hypothèse de la formation par transport. D'autant plus que, d'un caractère très localisé, le fait de la présence de ces coquilles marines ne pourrait pas à lui seul infirmer le fait du « mur » géologique des couches de houille, qui, lui, s'affirme avec une persistance et une continuité frappantes à travers toute l'épaisseur et toute l'étendue de la formation houillère.

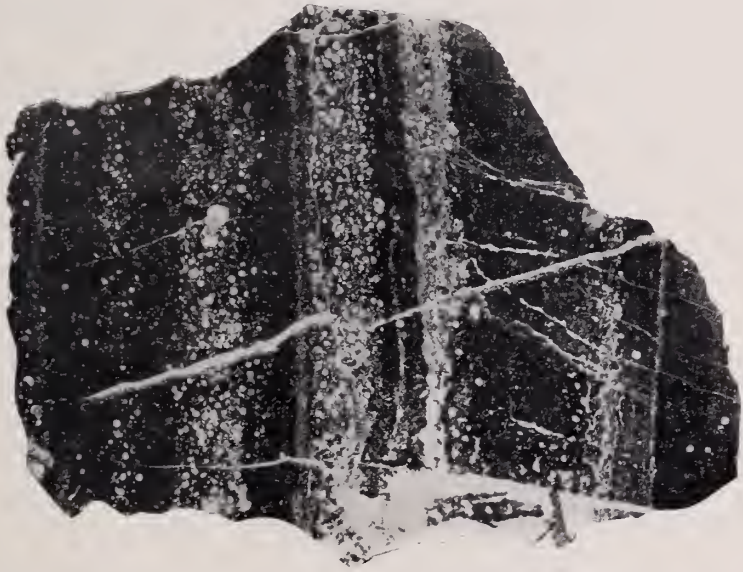
L'ensemble de ces considérations nous amène donc à abandonner nos idées d'autrefois et à croire que les accumulations de combustible, et particulièrement celles de notre grand bassin westphalien, se sont formées sur place, grâce à des végétations analogues à celles des vastes tourbières boisées. Si le transport a aussi concouru à la formation de ces gisements, ce n'est que localement et comme par épisode. Évidemment nous n'avons pas la hardiesse

(1) Voir, entre autres, P. Fourmarier : *Esquisse paléontologique du bassin houiller de Liège.* — Congrès international... de géologie appliquée, Liége, 1905; et du même : *Note sur la zone inférieure du terrain houiller de Liége.* — ANN. DE LA SOC. GÉOL. DE BELGIQUE, 1905-06, t. XXXIII, pp. M 17 et suiv.



Cliché de l'auteur.

FIG. 1. — *Coal-ball* DU YORKSHIRE AVEC *Goniatites* NOYÉES DANS LE MAGMA HUMIQUE.



Cliché de l'auteur.

FIG. 2. — *Goniatites* JEUNES RÉPARTIES PAR COUCHES RÉGULIÈRES DANS L'AMAS HUMIQUE.

Les préparations appartiennent à l'École supérieure nationale des Mines de Paris ; M. Douvillé nous les a obligeamment prêtées.

de vouloir présenter cette théorie comme absolument définitive, mais les faits nous obligent à la croire mieux fondée, et en science nous ne devons avoir cure d'autre chose : le progrès vers la vérité.

Ajoutons aussi qu'en géologie nous nous sentons porté de préférence vers l'application large du principe des causes actuelles. La nature est une, les principes de son activité ont toujours été les mêmes ; ce qui a varié, c'est bien plus la modalité que le fond des choses. Et si nous étions conduit par là à allonger, à multiplier un peu les siècles, qu'importe ? Les données chronologiques sont si incertaines dans l'espèce, que nous n'avons point à nous en mettre en peine. Nous pouvons marcher, tant que nous restons dans les limites que les faits imposent. La crainte d'allonger l'histoire géologique du globe est la dernière objection à opposer à une hypothèse rationnelle.

Pour finir, nous abandonnons aux réflexions du lecteur une vue téléologique qui nous a plusieurs fois hanté au cours de nos récents voyages. Dans la nature, les tourbières jouent, vis-à-vis des terres basses et marécageuses, le rôle que les coraux tiennent, dans les mers chaudes, à l'endroit des hauts-fonds. Ce ne sont d'ailleurs que deux épisodes de l'histoire géologique de la croûte terrestre. Elle se résume en quelque sorte dans le titanesque combat que se sont livré à travers les âges l'élément marin et l'élément continental. Celui-ci a triomphé de celui-là. Il a commencé à poindre en archipel à la surface des eaux, il s'est solidarisé petit à petit en se groupant, il a assuré ses conquêtes successives par l'ossature des chaînes de montagne, et voilà qu'il se trouve actuellement constitué en plusieurs masses importantes lui assurant un définitif triomphe. Le temps des violences semble passé ou au moins suspendu ; mais la lutte continue, lente et sourde, en divers points du globe. Ici l'élément marin a quelques avantages, là la terre prend les siens. Parmi les avantages de l'élément solide il convient de signaler les

tourbières et les atolls, produits les uns par l'activité animale, les autres par celle des végétaux. Dans les mers tropicales s'élèvent des récifs dus à la vie corallienne ; lentement les animalcules multiplient leurs colonies et construisent de gigantesques édifices capables de braver les flots. Ils forment ainsi un système insulaire dont les chaînons, se rejoignant toujours davantage, fournissent un abri à l'accumulation des sédiments et tendent vers la constitution d'une terre ferme nouvelle aux dépens de la mer. Sur la terre l'eau a gardé certains domaines marécageux, surfaces incertaines qui pourraient retourner aisément au régime marin ; il s'agit d'en assurer la conquête au continent. C'est ici la végétation tourbeuse qui s'en charge. Nous l'avons vu, les végétaux aquatiques se multiplient rapidement, la végétation riveraine enserre la surface liquide, la pénètre, y introduit le régime forestier, qui, lui, prend définitivement possession du terrain, s'y établit en maître et conquiert la surface entière au régime continental. C'est ainsi que l'activité biologique qui travaille d'une part à préparer l'érosion, l'abaissement des hautes cimes, s'applique d'autre part à combler les faibles dépressions terrestres ou marines pour faire tendre tout vers la stabilité désertique de la plaine — vers la mort.

G. Schmitz, S. J.

LES OBSERVATOIRES

DE

LA COMPAGNIE DE JÉSUS

AU DÉBUT DU XXe SIÈCLE (1)

OBSERVATOIRES DE ZI-KA-WEI ET ZO-SÉ (2).

I

HISTORIQUE

Fondation. — En 1845, le R. P. Gotteland, qui venait d'être nommé Supérieur de la nouvelle mission du Kiang-nan, confiée par la Propagande à la Compagnie de Jésus, énumérait dans une lettre diverses fondations qu'il avait dessein de créer : « Et, ajoutait-il, auprès de ces grands établissements, je voudrais un petit observatoire... »

Le désir du Père Gotteland ne se réalisa que vingt-sept ans plus tard, mais il fut largement comblé.

En décembre 1872, le Père Colombel commençait, bien modestement, quelques observations météorologiques.

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, janvier 1906, p. 10.

(2) Observatoire de Zi-ka-wei, Changhaï (Chine). — Observatoire de Zo-sé, Changhaï (Chine).

L'année suivante, on contruisait un observatoire (Fig. 21) dans un jardin que possédaient les Pères, au sud de leur résidence et de leur collège de Zi-ka-wei, à huit kilomètres au sud-ouest de Changhaï. Le bâtiment se composait d'un rez-de-chaussée formé de cinq pièces et d'un petit étage surmontant la pièce du milieu et terminé par une

Fig. 21. — Ancien Observatoire de Zi-ka-wei.

plateforme. Les instruments météorologiques ordinaires y étaient installés.

Dès 1874, le nouveau venu prenait une certaine extension, s'enrichissait d'un météorographe Secchi, d'un déclinomètre et d'un cercle d'inclinaison de Barrow. Enregistrant sur une même feuille les courbes correspondant aux variations de pression, de température, d'état hygrométrique, de force et de direction du vent, avec l'heure

même et la durée des chutes de pluie, le météorographe offrait le double avantage de centraliser les observations, tout en permettant de placer chaque appareil dans le lieu le plus avantageux.

En septembre 1874, on inaugurait des observations météorologiques suivies, faites de trois en trois heures, de 4 heures du matin à 10 heures du soir, d'après la méthode de l'Observatoire de Montsouris. Le Père Le Lec en était chargé. A peu près à la même époque, le Père Marc Dechevrens commençait, dans une cabane de bois construite *ad hoc*, une série de mesures magnétiques absolues, d'après les instructions du général Sabine, directeur du *Magnetic Survey* de Londres.

En 1875, le Père Le Lec succédait au Père Colombel dans la charge de directeur. Les moyennes météorologiques paraissaient dans le Bulletin de la Société Asiatique de Changhaï et se publiaient également dans un journal quotidien.

En 1876, le Père Marc Dechevrens remplaçait le Père Le Lec comme directeur ; il devait occuper ce poste pendant onze ans et donner à l'Observatoire, par ses importants travaux, un haut renom scientifique. Cette même année, paraissait un Bulletin de 250 pages, donnant la série des observations météorologiques et magnétiques faites à Zi-ka-wei. L'année suivante, dans le tome XXIV de l'Annuaire de la Société Météorologique de France, le Père publiait des *Recherches sur les principaux phénomènes observés à Zi-ka-wei*. Dès lors, les mémoires sortis de sa plume se succèdent presque sans interruption, et vingt et un trouvent à se classer de 1787 à 1887, dont quelques-uns très importants et fort appréciés.

En 1877, on installait dans un pavillon magnétique un magnétographe d'Adie, à enregistrement photographique, donnant les éléments magnétiques terrestres : déclinaison, inclinaison et intensité. Il a, depuis lors, poursuivi régulièrement sa tâche délicate.

Mais déjà l'attention du Père Dechevrens était concentrée presque tout entière sur l'étude des vents et des typhons. On sait combien sont dangereux, dans les mers de Chine et dans l'Océan Pacifique, ces vastes mouvements giratoires autour d'un axe animé lui-même d'un mouvement de translation considérable. Sur terre, au passage des typhons, souvent tout est dévasté, soit à cause de la bourrasque, soit à cause des terribles raz-de-marée dont ils s'accompagnent ; sur mer, les navires, si nombreux dans ces parages, n'ont pas de pires ennemis. A mesure que s'ouvraient au commerce les ports de Chine, du Japon et des îles, on sentait de plus en plus la nécessité d'organiser un service d'annonces, qui pût permettre aux Compagnies de ne faire naviguer leurs bâtiments qu'en toute sécurité. Mais, pour prédire les typhons, il les fallait d'abord étudier : de plusieurs côtés on se mit à l'œuvre.

On peut voir, dans la Notice sur l'Observatoire de Manille, que, dès 1879, le Père Faura, fondateur de cet Observatoire, annonçait, plusieurs jours d'avance, le grand typhon du mois de juillet. Peu après, ce même typhon faisait, de la part du Père Dechevrens, l'objet d'un travail très complet, discuté à l'Académie des Sciences de Paris, dans la séance du 12 janvier 1880, et sur lequel les Comptes rendus contiennent une note de M. Faye. Fondé sur les observations barométriques comparées de Zi-ka-wei et de Kobé (côte méridionale du Japon), le Père Dechevrens évaluait la vitesse de translation des typhons et faisait remarquer la constance de leur trajectoire. En 1880, un câble reliait Manille à Hong-kong, et, dès lors, l'Observatoire des Philippines envoyait au grand port des dépêches quotidiennes. Mais il y avait plus à faire, et, dès 1882, dans un article inséré par le Hong-kong Daily Press, le Père Dechevrens développait le projet d'un vaste service d'informations météorologiques, reliant entre eux tous les ports de la côte de Chine, et les unissant aux Observatoires de Zi-ka-wei et de Manille, alors seuls en

fonction dans ces parages. Malgré quelques difficultés, l'idée fit son chemin et le service d'informations est aujourd'hui l'un des principaux de l'Observatoire de Zi-ka-wei.

De 1879 à 1885, le Père Dechevrens n'a pas publié moins de soixante-deux monographies de typhons distincts : l'ensemble forme un volume in-4° de 377 pages avec 43 planches donnant les trajectoires de ces typhons.

Après les typhons, les vents sollicitèrent l'attention du Père Dechevrens ; leur étude, du reste, éclaircissait bien des points de la précédente série de phénomènes. Afin d'en mieux pénétrer le détail, il fit construire, en 1884, dans le jardin de l'Observatoire, une tour en bois de quarante et un mètres de hauteur, destinée à supporter des anémomètres. Jusqu'alors on n'avait fait usage que d'un moulinet Robinson, placé sur la plateforme de l'Observatoire, à douze mètres du sol. On installa au sommet de la tour un anémomètre Beckley. En 1886, le Beckley était remplacé par un clino-anémomètre, de l'invention du Père Dechevrens, destiné à donner l'inclinaison des courants aériens. Une observation suivie des mouvements des cirrus donnait en même temps de précieuses indications sur les mouvements de la haute atmosphère.

A la fin de 1887, le Père Dechevrens rentrait en Europe pour raison de santé ; nous le retrouverons directeur de l'Observatoire St-Louis, dans l'Ile de Jersey. Ses travaux sur les typhons, les courants atmosphériques, la lumière zodiacale, la bonne direction qu'il avait imprimée à l'Observatoire de Zi-ka-wei, l'avaient déjà fait avantageusement connaître. En février 1887, il avait eu l'honneur d'être choisi par le Pape Léon XIII, comme l'un des dix membres étrangers associés, cette année-là, aux Académiciens pontificaux des *Nuovi Lincei*.

Le Père Bernard Oorus, Hollandais, remplaça quelques mois le Père Dechevrens, et, en août 1888, le Père Stanislas Chevalier prenait la direction de l'Observatoire. Sous lui, les travaux entrepris se poursuivirent régulière-

ment; les typhons, la météorologie de l'Est-Asie lui fournirent le sujet d'intéressants mémoires. Dès lors aussi, la cartographie chinoise lui prit une part de son temps; nous verrons plus loin avec quels heureux résultats.

Translation. — Les dernières années de la direction du Père Chevalier furent marquées par d'importants événements. En 1893, on fut obligé d'abattre la tour de bois des anémomètres. A la fin de 1895, les autorités chinoises entreprirent le curage périodique des canaux de la plaine de Changhaï. L'Observatoire, situé entre un canal de communication, à l'est, et un ancien arroyo, à l'ouest, eut à souffrir de l'un et de l'autre. Du côté du canal, creusé trop à pic, des éboulements se produisirent ; du côté de l'arroyo, où l'on avait accumulé les terres de déblais, des tassements peu rassurants. Il fallait, de toute nécessité, se transporter sur un nouveau terrain. Les développements successifs des services météorologiques rendaient du reste les locaux primitifs bien insuffisants, et des agrandissements s'imposaient.

Sur ces entrefaites, en décembre 1896, le Père Louis Froc succédait au Père Chevalier. En 1897, le transfert de l'Observatoire fut décidé.

Pour trouver un emplacement, il suffit de franchir l'arroyo de l'ouest ; là, un espace suffisamment vaste et un sol compact offraient les conditions désirables. Tandis que les instruments continuaient à fonctionner dans les anciens locaux, les constructions furent poussées activement, durant les années 1899 et 1900. Du 1er janvier 1901 datent les valeurs inscrites au premier Bulletin du nouvel Observatoire.

On profita de ce transfert pour donner aux observations météorologiques et magnétiques de Zi-ka-wei leur naturel complément, les observations astronomiques. Dès 1895, le Père Chevalier avait demandé aux deux administrations municipales de Changhaï, française et internationale, de

l'aider pour l'achat d'une lunette équatoriale. Ces administrations, avec le concours des principales sociétés maritimes, lui accordèrent 30 000 francs. Cette somme contribua à l'achat d'un équatorial jumelé de Gautier, d'environ 100 000 francs. L'instrument et une coupole destinée à l'abriter, furent apportés d'Europe en 1898 et mis en place par le Père Robert de Beaurepaire, sur la colline de Zo-sé, à 25 kilomètres au sud-ouest de Zi-ka-wei. Depuis 1901, le Père Stanislas Chevalier est le directeur de l'Observatoire astronomique de Zo-sé.

Entre temps, sur la demande de M. Doumer, gouverneur général de l'Indo-Chine française, depuis président de la Chambre, le Père Froc faisait deux voyages au Tonkin pour étudier la création, dans cette colonie, d'un observatoire central et de stations rattachées. Sa mission donnait aux intéressés entière satisfaction. Entre ces deux voyages, il en faisait un troisième au Japon, pour accompagner le directeur nommé du Central d'Indo-Chine, et étudier avec lui, par ordre du gouvernement, l'organisation météorologique de ce pays.

Le Père Louis Froc est, à l'heure qu'il est, aidé dans sa lourde tâche de directeur par le Père Joseph de Moidrey.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et Instruments. — L'Observatoire actuel de Zi-ka-wei se trouve à une distance d'une soixantaine de mètres de l'ancien, dans un enclos assez vaste. Il comprend deux bâtiments principaux (Fig. 22).

Au centre s'élève une grande et belle construction en briques, orientée est-ouest suivant son grand axe, et mesurant cinquante mètres de longueur. Elle est formée d'un corps central et de deux ailes faisant une égale saillie

sur les deux façades. Au centre de la façade nord, est accolée une tour de trente-trois mètres de hauteur. Le bâtiment a un sous-sol, un rez-de-chaussée et un étage ; il est couronné par un toit entouré d'une balustrade. La terrasse qui termine la tour est surmontée des anémomètres. A l'est, en rez-de-chaussée, une salle méridienne de six mètres sur quatre s'appuie sur l'aile qui se trouve de ce côté. Le style roman donne à l'ensemble un cachet de calme et de sérieux tout à fait de circonstance.

Fig. 22. — Zi-ka-wei. Observatoire actuel.

Au sud du bâtiment que nous venons de décrire, à trente-cinq mètres environ de distance, se trouve le pavillon magnétique. Construction très simple de treize mètres sur quinze, elle est prolongée à l'ouest par un vestibule, à l'est, par une salle destinée aux mesures d'inclinaison. Les murs extérieurs sont en granite de Sou-tchéou, soigneusement vérifié au déclinomètre. Une salle intérieure renferme le magnétographe d'Adie, une seconde les différentes boussoles à lecture directe.

Plus au sud encore, à cent quatre mètres de l'Observatoire proprement dit, est construite une cabane protégeant le pilier qui sert aux mesures de déclinaison et de composante horizontale.

Près du pavillon magnétique, une petite coupole en bois doublé de zinc, construite sur place, abrite un équatorial.

Enfin, des mires pour les visées, des poteaux pour les actinomètres et le néphoscope, un abri du type classique sont répartis dans le jardin de l'Observatoire, aux endroits les plus favorables.

La pression atmosphérique est lue sur deux baromètres-étalons, l'un d'Adie (système Fortin), l'autre de Tonnelot. Les interpolations peuvent être faites d'après les courbes enregistrées par deux météorographes Secchi que possède l'Observatoire. L'un d'eux est un précieux souvenir du savant et illustre directeur de l'Observatoire du Collège romain. C'est en effet l'instrument même qui, présenté par le père Secchi, en 1867, à l'Exposition de Paris, fut honoré d'un grand prix, et valut à son auteur la Croix de la Légion d'honneur, décernée par Napoléon III. En quittant la France, le Père avait laissé son instrument au Collège Ste-Geneviève de Paris (rue des Postes), qui le légua à Zi-ka-wei en 1881. Le second météorographe, construit, comme le précédent, par Brassart, de Rome, a été modifié en 1903, et consacré à un enregistrement plus ample et plus détaillé des valeurs de la pression.

L'Observatoire possède également plusieurs barographes Richard. Une vingtaine de ces barographes sont prêtés à des observateurs, en majorité à des navigateurs, qui, en échange, font des séries d'observations continues et envoient les diagrammes à Zi-ka-wei. Citons les paquebots des *Messageries Maritimes*, entre Saïgon et Yoko-

hama, la ligne Canadienne des *Empress*, entre Vancouver et Hong-kong, etc.

L'anémomètre que supporte la tour est du type Beckley, construit à Londres par Munro. La vitesse est mesurée au moulinet Robinson ; la direction s'obtient par la rotation d'un plateau horizontal supportant deux moulinets verticaux à ailettes inclinées à 45°. L'enregistrement se fait mécaniquement au pied de l'appareil, et électriquement sur le tableau du météorographe Secchi.

L'enregistreur magnétique, par Adie, est du modèle connu de Kew. Déclinomètre, balance et bifilaire sont installés sur des piliers monolithes en granite de Soutchéou, sans aucune action magnétique. Le déclinomètre à lecture directe dont il est fait usage, est du type de Kew, construit par Elliott. Les boussoles à lecture directe, à peu près du modèle de Kew, ont été construites dans l'atelier même de l'Observatoire.

Sous la coupole dont nous avons parlé, un équatorial de Billant, monté suivant la méthode adoptée pour les équatoriaux jumelés servant à dresser la carte du ciel, permet d'observer et de photographier la surface solaire. Les objectifs, construits par Dom Sieffert, Bénédictin, ont 108 millimètres d'ouverture ; celui de l'observation directe a 140 centimètres de distance focale, celui de la photographie 130 ; la monture a été exécutée sur place.

La salle méridienne renferme un cercle méridien de Stackpole, de New-York. L'objectif a 55 millimètres d'ouverture. Dans la même salle sont fixées deux horloges Fénon.

Signalons encore un grand chronomètre de Müller, un autre de Carter, un chronomètre sidéral de Frodsham ; puis un *aba* de Brünner, un céraunographe, destiné à signaler l'existence d'éclairs lointains (1), et d'autres instruments secondaires.

(1) Voir la notice sur l'Observatoire de Kalocsa.

Fig. 23. — Observatoire de Zo-sé.

Fig. 24. — Le sémaphore du Quai de France, a Changhaï.

Fig. 25. — Le mât des signaux de Ou-song
répétant les signaux envoyés par l'Observatoire de Zi-ka-wei.

Enfin un service sismique, installé en janvier 1904, comprend deux sismographes à pendules horizontaux, du système du Professeur F. Omari, l'un pour la composante E-W, l'autre pour la composante N-S. Ce dernier est un don du gouvernement japonais, offert en souvenir du séjour à Zi-ka-wei d'une commission géodésique, voyageant pour l'étude de l'intensité de la pesanteur et pour des observations magnétiques comparées.

L'Observatoire astronomique de Zo-sé est situé sur une colline boisée, à quatre-vingt quinze mètres d'altitude. Il se compose de trois corps de bâtiments (Pl. X, fig. 23). Au centre, une coupole de dix mètres de diamètre, construite par M. Gillon, abrite un équatorial à deux lunettes jumelées, construit par Gautier, de Paris, sur le modèle de ceux qui servent aux observations internationales pour la carte du ciel. Chaque objectif a 40 centimètres d'ouverture ; la distance focale de l'objectif photographique est de $6^{m},87$; sur la plaque, un espace de deux millimètres correspond à une minute d'arc. La distance focale de l'objectif à vision directe est un peu plus considérable. L'Observatoire a récemment fait l'acquisition d'une machine micrométrique de Gautier servant à des mesures précises de distances sur les plaques.

Services et travaux. — Mentionnons d'abord, comme se rapportant plus directement au sujet, la publication annuelle du Bulletin détaillé des observations, qui se poursuit sans interruption depuis trente ans. Les valeurs mentionnées par le Bulletin et les savants commentaires qui les accompagnent, forment une mine de richesses précieuses.

Un nombre considérable de mémoires sur des phénomènes plus remarquables, ou des études d'ensemble ont été successivement édités par les Pères Dechevrens, Chevalier, Froc, de Moidrey, et témoignent d'une merveilleuse

activité. La plupart sont sortis des presses de l'Imprimerie de la Mission catholique à T'ou-sè-wè, près de Zi-ka-wei.

Mais ce qui, à l'heure qu'il est, contribue le plus à étendre la renommée de l'Observatoire est, sans contredit, le service météorologique important dont il est le centre, et dont l'organisation, commencée par le P. Dechevrens, est due, pour la plus grande part, au Père Froc.

Ce service se décompose en deux : service de l'heure, service des annonces des coups de vent et typhons.

L'heure se donne à 11 h. 55 m. et à 12 h. 0 m., en opérant, de Zi-ka-wei, le déclanchement électrique qui produit la chute d'une boule méridienne située au sommet du sémaphore municipal, dressé à l'extrémité nord du quai de France, à Changhaï (Pl. X, fig. 24). De plus, l'Observatoire donne aux commandants de navires toute facilité pour le réglage des chronomètres de bord.

Le service des signaux se fait par le moyen de ballons et pavillons, hissés aux vergues du sémaphore de Changhaï, d'après les indications de l'Observatoire de Zi-ka-wei, à 9 h. 30 m. du matin et à 3 h. 30 m. du soir. Ces signaux indiquent les coups de vent et leur direction, les typhons et la trajectoire probable de leur centre, les brouillards régnant à Gutzlaff, phare situé à l'embouchure du Yang-tsé-kiang, à 83 kilomètres au sud-est de Changhaï. De plus, des signaux spéciaux marquent, à 10 h. du matin, l'état du vent et du temps à Changhaï. Des avertissements supplémentaires sont en outre téléphonés aux journaux vers 5 h. du soir.

Le code des signaux, officiellement accepté par Sir Robert Hart, directeur des Douanes Impériales chinoises, est en usage, depuis 1898, dans la plupart des ports de Chine. Il a été également officiellement adopté à T'sin-tau (Kiao-tcheou), à Port-Arthur, à Vladivostok et récemment à Hong-kong. Un nouveau code a été inauguré en janvier 1906.

Pour formuler ces avis en toute connaissance de cause,

l'Observatoire de Zi-ka-wei reçoit, deux ou trois fois par jour, des télégrammes de soixante stations réparties dans tous les pays environnants : Chine, Cochinchine, Philippines, Formose, Mandchourie, Sibérie, Japon, Corée. D'après ces renseignements sont dressés un tableau et une carte. Le tableau reste constamment affiché et il est tenu au courant, au fur et à mesure que les télégrammes arrivent ; la carte est affichée à midi.

A la demande des navigateurs, Zi-ka-wei a même étendu à une vingtaine de ports les avertissements donnés primitivement à celui de Changhaï seul. Les avis sont résumés dans une centaine de phrases courtes, cataloguées sous autant de numéros, et ces numéros sont hissés aux sémaphores des ports, au moyen des pavillons correspondants (Pl. X, fig. 25).

On s'imagine sans peine l'intensité et la continuité de travail que ce multiple service suppose, surtout de la part d'un personnel très restreint ; mais on conçoit facilement aussi les immenses secours qu'il rend aux nombreux navires qui sillonnent les mers de Chine. Nous n'en apporterons que deux preuves : la première est le témoignage que, en mars 1904, l'amiral von Tirpitz, ministre de la Marine allemande, rendait, en plein Reichstag, à l'utilité sans égale de l'Observatoire de Zi-ka-wei, en faveur duquel il exprimait le désir de voir voter une subvention, comme marque effective de reconnaissance ; la seconde est l'établissement d'un service similaire de celui de la Chine, sur les côtes de l'Indo-Chine et du Tonkin, service qui permettra aux navigateurs des mers du sud de mieux utiliser les avertissements des Observatoires de Manille et de Haï-phong.

Passant maintenant des services publics de l'Observatoire aux travaux particuliers exécutés par ses différents directeurs, il convient de signaler en premier lieu les études faites par le Père Dechevrens sur les courants de la haute atmosphère et la température des tourbillons atmosphériques. Les premiers Mémoires du Père Deche-

vrens sur ces différentes questions datent de 1885 et 1886; mais, dès 1877, il avait indiqué ses idées, sans les classer pourtant en corps de doctrine. C'est à Zi-ka-wei également qu'il imagina son *clino-anémomètre*, destiné à faire connaître les composantes de l'inclinaison des courants aériens. Le Père ayant poursuivi à l'Observatoire de Jersey ses études intéressantes et publié en 1902 et en 1905 des mémoires définitifs sur ces questions, nous croyons devoir remettre l'analyse de ses idées et l'exposé de ses théories à la Notice sur cet Observatoire. Qu'il nous suffise d'ajouter que ces théories, longtemps combattues, comme allant à l'encontre des principes reçus, semblent aujourd'hui avoir pleinement triomphé.

Les travaux géographiques du Père Stanislas Chevalier nous transportent dans un tout autre ordre d'idées.

Dès 1899, le Père publiait un petit traité intitulé : *La navigation à vapeur sur le haut Yang-tse*. C'était le premier résultat d'une exploration hydrographique de cinq mois que le Père avait faite, de novembre 1897 à mars 1898, sur le Fleuve Bleu, et le prélude d'autres publications du plus grand intérêt. En 1889, à la fin de l'année, paraissait un atlas du Yang-tsé, de I-tch'ang-fou à P'ing-chan-hien, contenant soixante feuilles au 25 millième, de 40 centimètres sur 50, et accompagné d'un texte à part avec croquis et dessins de l'auteur. L'ouvrage fut couronné par l'Académie des sciences et honoré d'une médaille d'or par la Société de Géographie. C'est assez dire sa valeur.

En 1894, le Père Chevalier publiait encore une carte générale de la Chine avec lettre exclusivement chinoise et, en 1903, une nouvelle édition avec la lettre chinoise et la romanisation.

Quand ses occupations le lui permettront, le Père compte reprendre, dans le Kiang-nan, les travaux des anciens Jésuites, vieux bientôt de deux siècles, et restés pourtant, jusqu'ici, le dernier mot de la géographie du Céleste Empire.

Au Père Louis Froc on doit un savant et minutieux travail sur l'atmosphère en Extrême-Orient, son état normal et ses perturbations, adressé spécialement aux navigateurs. Après des considérations théoriques générales, l'auteur fait une étude spéciale et approfondie de chaque mois en particulier; puis il passe en revue les types principaux de mauvais temps qu'on peut être exposé à rencontrer aux différentes époques de l'année. Des cartes donnent, pour chaque mois, les directions moyennes des isobares, résultats de dix années d'observations ; d'autres cartes donnent les trajectoires moyennes des tempêtes.

Le travail du Père Froc forme, à lui seul, la matière de deux rapports annuels de la *Shanghai Meteorological Society*, l'un de 90, l'autre de 86 pages. Ces rapports ont été traduits de l'anglais en français par les soins du Service de la météorologie nautique, et ont paru dans les Annales hydrographiques. Ils constituent un manuel complet de météorologie nautique et sont devenus déjà le *vade-mecum* des navigateurs dans les mers difficiles et capricieuses de l'Extrême-Orient. Grâce aux considérations détaillées qui les accompagnent, les cartes du Père Froc cessent d'être un exposé muet d'observations, elles deviennent vivantes et parlantes, à même de fournir à ceux qui les sauront interroger, des renseignements permettant de prévoir le temps et, dans maint cas douteux, indiquant même ce qu'il y a de mieux à faire.

Ce n'est donc point sans l'avoir mérité, que le directeur de l'Observatoire de Zi-ka-wei, déjà honoré d'une décoration du Mikado, vient de se voir attribuer le prix Janssen par la Société de Géographie de Paris.

En Chine surtout, les Jésuites auraient été infidèles à eux-mêmes et à leur passé, si, adonnés exclusivement à l'apostolat des missions, ils avaient négligé l'apostolat de la science.

Après cette courte visite à l'Observatoire de Zi-ka-wei, on ne saurait leur adresser semblable reproche.

OBSERVATOIRE DE KALOCSA (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — L'Observatoire de Kalocsa, connu également sous le nom d'Observatoire Haynald, doit son existence à la munificence du cardinal Louis de Haynald, archevêque de Kalocsa. Mgr de Haynald occupait parfois ses loisirs à contempler les astres et il avait fait l'acquisition d'une lunette de Merz de 8 centimètres. La trouvant, après usage, assez peu commode, il résolut de s'en défaire et l'offrit au Collège des Pères Jésuites de Kalocsa. Son intention était du reste de compléter ce don et d'aider les professeurs du Collège à installer un modeste observatoire. Pressé par le ministre d'État Tréfort, l'archevêque conçut bientôt un plus vaste dessein et résolut de fonder un observatoire suffisamment monté pour qu'il pût servir à des recherches scientifiques sérieuses. Il consacra à ce projet la somme de 75 000 francs. Malheureusement, il voulut le voir trop rapidement exécuté. Au lieu de construire les bâtiments de toutes pièces, il fit élever l'observatoire, en troisième étage, au-dessus du Collège déjà existant, de sorte qu'aujourd'hui tout agrandissement est impossible (Fig. 26).

Les travaux furent commencés en 1878 ; l'année suivante, ils étaient terminés. L'installation se fit sous la direction d'un riche amateur, le Dr Nicolas de Konkoly qui, en 1871, s'était bâti, dans son parc de O'Gyalla, un bel observatoire fort bien équipé.

(1) Haynald Observatorium, Kalocsa (Hongrie).

En septembre 1879, le Père Charles Braun prenait la direction de l'Observatoire de Kalocsa; deux assistants lui étaient adjoints. Mgr de Haynald fixait au nouvel établissement scientifique un revenu annuel de 1800 francs.

Fig. 26. — Observatoire de Kalocsa.

Cette fondation fut assurée, en 1889, par un versement de 30 000 francs. L'Observatoire de Kalocsa était créé; c'était le second construit en Hongrie, depuis la fin malheureuse de celui de Blacksberg près de Buda, en 1848.

Organisation. — Le Père Charles Braun resta à la tête de l'Observatoire jusqu'en 1884. Il fit plusieurs améliorations et acheta divers instruments. Très occupé d'inventions qu'il poursuivait et dont nous reparlerons, il n'entreprit pas d'observations systématiques; cependant, dès cette époque, on fit quelques observations de taches solaires.

Au Père Braun succéda le Père Adolphe Hüninger, jusqu'alors assistant à l'Observatoire, et actuellement, professeur de théologie à Sarajevo. Il entreprit immédiatement l'observation régulière des protubérances du Soleil.

En octobre 1885, le Père Jules Fényi le remplaçait. Sous son active direction l'Observatoire de Kalocsa s'est considérablement développé. L'observation des protubérances et des taches a fourni au Père Fényi matière à d'importantes et fort nombreuses communications. La météorologie aussi y est en grand honneur et le Père a inventé des appareils météorologiques appréciés.

Depuis 1904, l'Observatoire reçoit une subvention de 200 francs de l'Observatoire central de Budapest, dont le bulletin annuel publie quelques-unes des observations faites à Kalocsa. Enfin, une station dans la mission du Bas-Zambèze, à Boroma, est affiliée à l'Observatoire de Kalocsa qui centralise ses observations.

En 1891, le Père Jean Schreiber fut nommé assistant du Père Fényi ; il occupa ce poste jusqu'en mars 1903, époque de sa mort : ses recherches littéraires et scientifiques seront mentionnées plus loin. A l'heure qu'il est, le Père Fényi est aidé par le Père Esch ; un assistant laïque s'occupe des observations météorologiques et des calculs.

En Hongrie, des observations météorologiques suivies sont faites encore à Presbourg et à Szatmar par les Pères de la Compagnie de Jésus. Celles de Presbourg embrassent déjà une durée de 50 ans ; celles de Szatmar sont quotidiennement télégraphiées au Bureau Central de Budapest.

Une lettre récente du Ministre du commerce, M. Daranyi, rappelait les services rendus par ces observations et remerciait les Pères de Kalocsa, de Presbourg et de Szatmar de leur zèle à aider aux progrès de la science.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire se compose de cinq salles et de deux coupoles (Fig. 27 et 28). La plus grande coupole a 4 mètres de diamètre ; elle renferme un

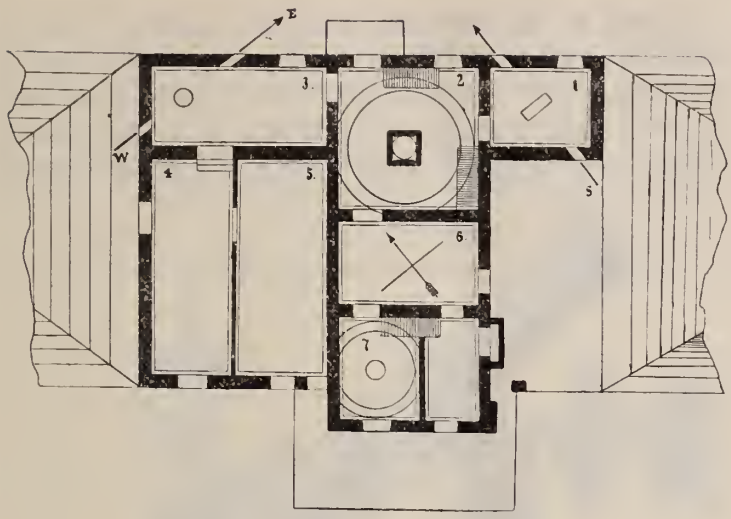


Fig. 27. — Observatoire de Kalocsa. Plan.

1. Salle méridienne. 2. Grande coupole. 3. Salle du premier vertical. 4. Laboratoire. 5. Appartement du Directeur. 6. Bibliothèque. 7. Petite coupole.

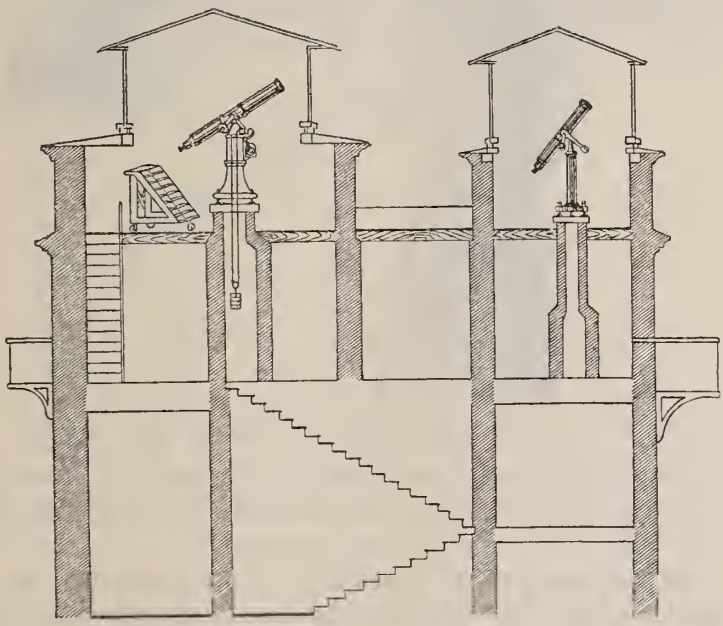


Fig. 28. — Observatoire de Kalocsa. Coupe.

équatorial de 18 centimètres (Fig. 29). La partie optique de l'instrument est de Merz, la partie mécanique de Browning, de Londres. Grâce à la libéralité du cardinal de Haynald, le Père Braun fit adapter à cette lunette un spectroscope construit par Hilger, de Londres (Fig. 30). Il est formé de

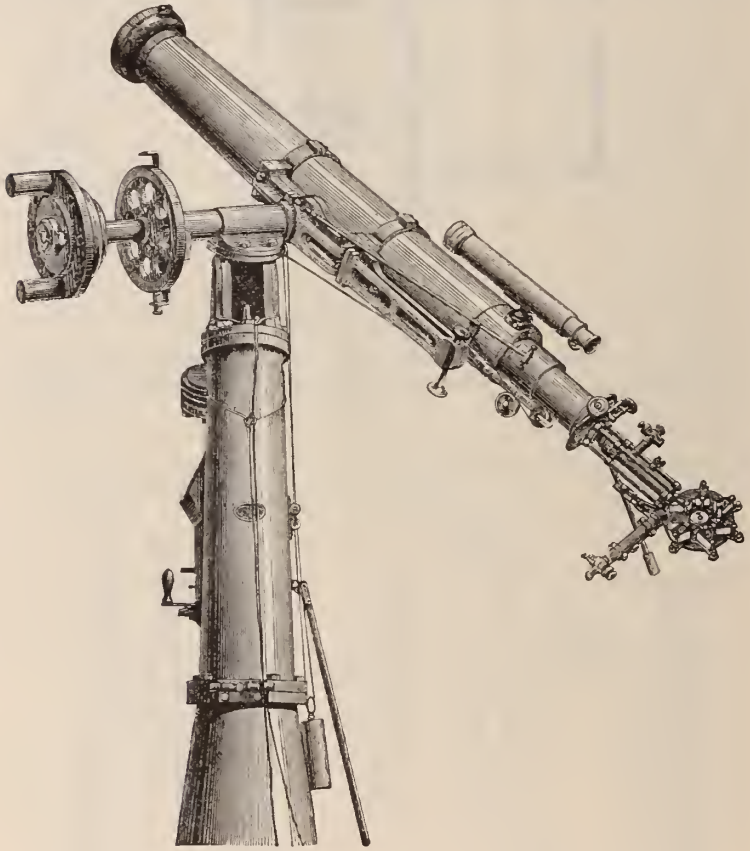


Fig. 29. — Observatoire de Kalocsa. Équatorial de Merz-Browning.

4 prismes de 60° et de 2 prismes de 30°, ce qui équivaut à 10 prismes de 60° ; on peut, à volonté, se servir de la dispersion de 10, 8, 6, 4 et 2 prismes.

La petite coupole a 3 mètres de diamètre ; elle abrite une lunette de 8 centimètres, montée parallactiquement et signée de Merz. Trois salles servent de bibliothèque, de

laboratoire et de chambre pour l'observateur. De chaque côté de la grande coupole se trouvent deux chambres, portant des ouvertures orientées dans la direction du méridien et dans celle du premier vertical. L'une d'elles contient une lunette des passages, à défaut d'une lunette méridienne qui n'aurait pu être installée commodément. A cette lunette, construite par Cooke, d'York, sont jointes une horloge astronomique du même fabricant, et une

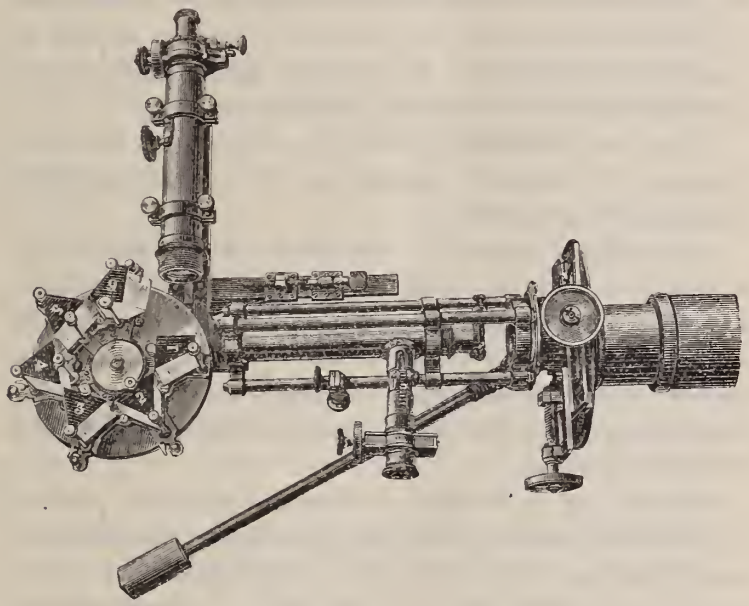


Fig. 30. — Observatoire de Kalocsa. Spectroscope de Hilger.

horloge à contact électrique. La seconde petite salle a une ouverture orientée de l'est à l'ouest ; un pilier y sert à fixer divers instruments. On y peut installer un théodolite astronomique universel de Breithaupt donnant les deux secondes tant en azimut qu'en hauteur. C'est ce théodolite qui a servi au Père Braun pour déterminer la latitude et la longitude de l'Observatoire.

A 25 mètres de distance des coupoles, un pylône massif extérieur forme une plateforme de 3 mètres 50 de large,

très dégagée, qui sert à des observations astronomiques ou géodésiques.

Parmi les instruments mentionnons aussi : un spectroscope à vision directe de Merz, un second de Häntsch de Berlin, à collimateur, un troisième de Browning contenant deux polyprismes d'Amici que l'on peut associer en nombre variable et donnant une dispersion de 20°.

Des observations photométriques peuvent être faites au moyen d'un astrophotomètre de Zöllner et d'un spectrophotomètre de Glan et Vogel. Ce dernier permet de comparer l'intensité de deux rayons lumineux dans chacune des couleurs du spectre qu'ils fournissent.

Outre les instruments classiques, la section météorologique en comprend quelques-uns de spéciaux que nous mentionnerons bientôt.

Inventions et travaux. — Le Père Charles Braun s'est acquis une certaine célébrité par ses inventions ingénieuses : on a de lui un néphoscope et un trigonomètre qui ne sont pas sans valeur ; mais ses deux plus intéressantes inventions sont un micromètre pour l'observation des passages d'étoiles et le spectrohéliographe dont il a donné deux types.

On sait que la notation du moment précis du passage d'une étoile, devant le réticule d'une lunette, constitue une des principales difficultés des observations. Ce qu'on appelle « la perte de temps » de deux observateurs peut différer de plus d'une demi-seconde ; le même individu est sujet lui-même à des variations. Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à éliminer des calculs l'influence de « l'équation personnelle » en enregistrant automatiquement et mécaniquement le passage de l'astre. Deux Jésuites se sont attachés à résoudre ce problème : le Père Braun à Kalocsa et le Père Fargis à Georgetown. Voici la méthode imaginée par le premier.

Un petit chariot, mû par un mouvement d'horlogerie, est réglé de façon à ce que sa vitesse de translation soit

rigoureusement la même que celle de l'étoile à observer : cela revient pratiquement à transformer un objet mobile en un objet fixe. Ce chariot porte un fil ; lorsque ce fil a été mis sur l'étoile au moyen d'une vis micrométrique, on ferme un circuit électrique qui, dès la seconde suivante comptée par l'horloge à contact, arrête le chariot. Une simple lecture des indications du micromètre du chariot et du chronographe fournit alors avec une extrême précision le moment du passage de l'étoile au méridien.

La solution est ingénieuse ; malheureusement, le Père Braun ne put trouver à Kalocsa un constructeur capable d'exécuter ses plans, et les circonstances ne lui permirent pas de le faire lui-même. Il publia pourtant son invention dès 1864.

Repsold, reprenant l'idée, la simplifia, en ce sens qu'au lieu d'actionner le chariot par un mouvement d'horlogerie, il le manœuvrait à la main, par une vis. L'observateur avait ainsi les deux mains occupées. Struve, de Kœnigsberg, ne connaissant probablement pas les dessins du Père Braun, s'avisa bientôt de perfectionner l'instrument de Repsold, en réintroduisant le mouvement d'horlogerie supprimé par celui-ci. On revenait ainsi à l'instrument primitif.

Sans contester le mérite, d'ailleurs incontestable, des deux derniers inventeurs, il n'est que justice de revendiquer la priorité de l'idée pour le Père Braun.

On doit encore au Père l'idée première d'un spectrohéliographe, destiné à photographier la surface solaire tout entière avec ses taches et protubérances. Dès 1872, il en donnait le principe. On projette l'image du soleil sur la fente d'un spectroscope ; du spectre résultant on ne prend que l'une des raies les plus actiniques et on la fait tomber sur une seconde fente placée devant une plaque sensible. Si l'on vient maintenant à mouvoir la première fente de façon à lui faire recevoir les rayons émanés des divers points du disque solaire, la seconde fente distribuera sur

la plaque toute une série de rayons monochromatiques correspondants à ces divers points : ces rayons pourront être atténués ou supprimés aux endroits correspondants aux taches, renforcés au contraire à ceux qui correspondent aux protubérances. L'ensemble donnera une représentation complète de la surface du soleil.

Ce premier type du spectrohéliographe du Père Braun ne fut jamais construit, faute de ressources. Le professeur Hale, alors à l'Observatoire de Kenwood, publia, en 1891, et fit exécuter un instrument qui, différant du précédent par quelques détails, est cependant basé sur le même principe. M. Hale a, du reste, rendu justice au Père Braun, en lui reconnaissant la paternité de l'invention (SIDEREAL MESSENGER. Juin 1891, n° 96). A la même époque que M. Hale, M. Deslandres, alors à l'Observatoire de Paris, combina un instrument analogue.

Le Père Braun a également inventé un second type de spectrohéliographe, d'une forme assez singulière, qui a eu le sort de son aîné et n'a jamais été construit.

Malgré sa faible santé, le Père Jean Schreiber, assistant à Kalocsa, de 1891 à 1903, année de sa mort, s'est livré à de nombreux travaux. Dans le domaine littéraire, on lui doit une Notice sur les Jésuites Astronomes de la Compagnie avant sa suppression, des recherches sur les travaux solaires du Père Scheiner, sur la carte lunaire des Pères Riccioli et Grimaldi. Au point de vue scientifique, il a laissé de nombreuses observations de taches du soleil, et un instrument aujourd'hui très employé, sous diverses formes analogues, le *Gewitterregisträtor* (Fig. 31).

Comme son nom l'indique, cet appareil est destiné à enregistrer les décharges de la foudre. En 1898, M. Ducretet, l'ingénieur-constructeur bien connu de Paris, signalait que le récepteur d'un poste de télégraphie sans fil fonctionnait sous l'influence des éclairs : les ondes émises par la décharge atmosphérique pouvaient donc décohérer le tube à limaille. On comprit immédiatement

toute la portée de cette découverte pour la météorologie : avec des tubes sensibles ou des détecteurs appropriés, on pourrait enregistrer des éclairs lointains et prévoir d'avance l'arrivée des orages.

De différents côtés on se mit à l'œuvre pour rendre pratique cet enregistrement. Boggio-Lera et Lancetta en Italie, Palatin en Hongrie, d'autres peut-être aussi, trouvèrent des solutions.

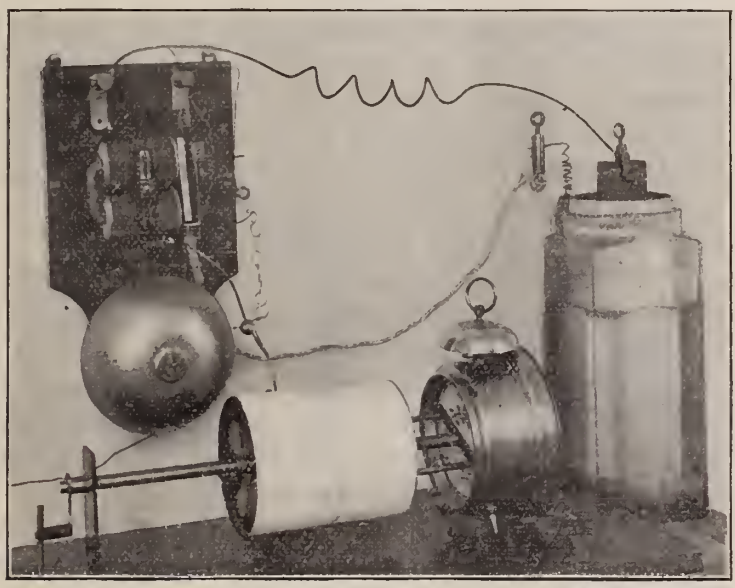


Fig. 31. — Le Gewitterregisträtor.

Dès 1900, le Père Schreiber, à Kalocsa, en trouvait une fort élégante, à laquelle, du reste, le Père Fényi ne fut pas étranger. Il remplaçait d'abord le cohéreur Branly par deux aiguilles croisées en X. A l'état normal, la résistance au contact était suffisante pour empêcher le courant des piles de circuler ; mais une onde venait-elle abaisser cette résistance, le courant passait, pouvant actionner une sonnerie, faire dévier, au moyen d'un électro-aimant, la plume d'un enregistreur, etc.

L'enregistreur fabriqué par le Père Schreiber se composait d'un disque de carton blanc monté sur l'un des ressorts d'un simple réveille-matin : la plume traçait d'un trait continu une spirale dont le rayon allait en diminuant ; à l'arrivée d'une onde, la plume, attirée par l'électro, décrivait un crochet visible.

Cet appareil, bien primitif, put enregistrer, avec une précision remarquable, des éclairs distants de 110 kilomètres.

Le *Gewitterregisträtor* a été perfectionné depuis ; il se présente aujourd'hui sous différents noms et diverses formes. A l'Observatoire de Cleveland, le Père Odenbach a créé le céraunographe qui lui donne des résultats très intéressants ; le Père Algué à Manille, le Père Zukotynski à Chyrow, à Kalocsa même le Père Fényi, ont successivement imaginé différents dispositifs.

Un exemplaire de l'appareil, fabriqué de toutes pièces à Kalocsa, et ne demandant guère de frais de construction, fonctionne en ce dernier observatoire depuis 1901. Il a pu, à maintes reprises, indiquer des orages distants de 400 kilomètres. L'enregistrement se fait sur un tambour qui fait un tour par heure : les marques indiquant les éclairs sont ainsi espacées et lisibles.

Empressons-nous d'ajouter que si l'Observatoire de Kalocsa fait des observations météorologiques intéressantes, il est surtout célèbre par la remarquable étude des protubérances et des taches solaires que le Père Fényi y poursuit depuis vingt ans. Les comptes rendus de ses découvertes et de ses travaux font la matière de plus de cent articles différents qui ont paru en différentes langues, dans plusieurs journaux scientifiques. Nous ne pouvons évidemment les analyser ici, mais nous en extrairons trois points principaux qui donneront une idée de l'ensemble des travaux du Père.

C'est d'abord une nouvelle interprétation des phénomènes des protubérances solaires. Ces protubérances (Fig. 32-35)

que l'on aperçoit déformant les bords du disque, sont constituées, on le sait, par de gigantesques flammes d'hydrogène incandescent qui s'élèvent à des milliers de kilomètres de

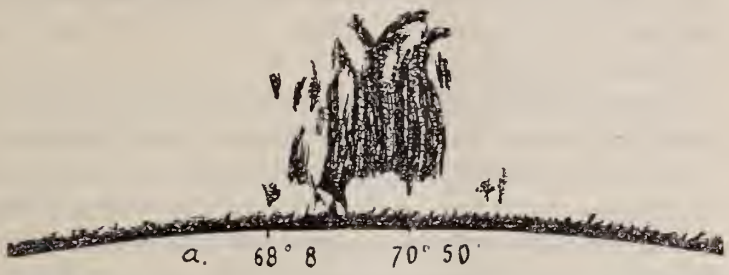


Fig. 32.— Protubérance solaire de 61 000 km. de hauteur, observée à Kalocsa.

Fig. 33. — Protubérance solaire de 498 821 km., observée à Kalocsa.

Fig. 34. — Protubérance de 174 000 km. de hauteur, observée à Kalocsa.

Fig 35. — Protubérance de 183 000 km. de hauteur, observée à Kalocsa.

hauteur, avec des vitesses de plusieurs centaines de kilomètres par seconde, puis s'affaissent sur elles-mêmes et disparaissent. On avait pensé longtemps que ces poussées d'hydrogène avaient lieu au sein d'une atmosphère constituant autour du soleil une couche concentrique. Appuyé

sur de longues observations et sur des calculs, le Père Fényi a montré que ces protubérances élevées se produisaient dans le vide et non au sein d'une atmosphère. Dans son hypothèse, tous les phénomènes observés sur les protubérances : spectre, éclat, disparition ont, dès lors, pu s'expliquer facilement.

Le Père Fényi a également donné une nouvelle explication des facules du soleil, explication dans laquelle il se rencontre, à bien des années de distance, avec une constatation faite par le Père Secchi. On avait pris les facules pour des endroits proéminents de la photosphère, ou pour des protubérances vues de face. Dans l'explication du Père Fényi, les facules sont les endroits où retombent sur la masse solaire les courants gazeux qui, projetés auparavant dans le vide sous forme de protubérances, redescendent maintenant sur eux-mêmes en vertu de la gravitation.

Enfin, dans plusieurs de ses publications, le Père Fényi a donné une nouvelle théorie du phénomène de déplacement des raies du spectre protubérantiel. Le phénomène est celui-ci : si l'on observe au spectroscope le pied ou le milieu des protubérances dans la chromosphère, on aperçoit quelquefois toutes les raies de l'hydrogène qui, à un moment donné, se déplacent ensemble dans la même direction vers l'une de ses extrémités, tantôt vers le bleu, tantôt vers le rouge. Ce fait remarquable avait eu bien des admirateurs, mais pas d'interprète. Le Père Fényi, le premier, l'a expliqué d'une façon très simple, par des courants gazeux. La rencontre d'une protubérance, montant rapidement, avec un semblable courant, retombant en sens contraire, produit, à partir de l'endroit où a lieu le choc des deux courants, une composante, laquelle occasionne, aussi longtemps qu'elle reste dans la ligne visuelle, un déplacement de la lumière spectrale dans l'un ou l'autre sens.

De nouvelles explications du phénomène ont été, il est

vrai, données depuis. Doppler, dans la sienne, suppose des mouvements horizontaux de la masse gazeuse, mouvements difficiles à imaginer ; W. Michelson, de son côté, a donné une belle théorie : il suppose simplement que, à la partie supérieure de la protubérance, le courant gazeux ascendant se trouve du côté de l'observateur et intercepte, par suite, les rayons émis derrière lui, tandis que, au bas du courant, le phénomène inverse se produit ; en haut les lignes du spectre se déplaceront donc vers le rouge et, en bas, vers le bleu.

Dans une de ses dernières publications, le Père Fényi, sans rejeter sa première théorie, admet cependant que celle de Michelson peut la compléter sur quelques points.

Ajoutons que plusieurs des mémoires du Père Fényi ont trait à l'intéressante question des relations entre les éruptions solaires et les troubles magnétiques terrestres. Son opinion est que les grandes protubérances ne coïncident jamais avec des troubles magnétiques, sauf quand ces protubérances sont formées de vapeurs métalliques et se trouvent dans le voisinage des taches. Il a constaté, d'autre part, que les hauteurs maxima des protubérances coïncidaient parfaitement avec les périodes d'apparition d'un nombre maximum de taches. De nombreuses observations lui ont prouvé de plus que les grandes protubérances pouvaient se trouver à toutes les latitudes solaires, mais sans jamais dépasser la latitude de 41°.

Conclusion. — Ces rapides aperçus suffiront, nous semble-t-il, à montrer l'importance des travaux qui se poursuivent à l'Observatoire de Kalocsa et les remarquables résultats qui en ont fait l'un des meilleurs centres d'étude d'astrophysique.

Ajoutons en terminant, bien que cela ne se rapporte pas directement à cette monographie, que le Père Charles Braun, retiré au Collège de Mariasheim, en Bohême, s'occupe depuis plusieurs années de déterminer la constante de la gravitation. Les valeurs obtenues par lui ont

été citées avec éloge dans plusieurs Bulletins de Sociétés savantes et donnent une haute idée de sa science ingénieuse et persévérante.

OBSERVATOIRE DE TANANARIVE (1)

I

HISTORIQUE

Fondation. — En 1880, à la demande de M. Alfred Grandidier, de l'Académie des Sciences, Mgr Cazet, vicaire apostolique de Madagascar, faisait installer à Tananarive un petit observatoire météorologique rudimentaire. Les missionnaires de la Compagnie de Jésus y firent, jusqu'au jour où les Français furent expulsés de l'île, des observations quotidiennes sur la pression atmosphérique, l'état hygrométrique, la température et la hauteur des pluies.

La paix conclue et les Pères rentrés à leur poste, Mgr Cazet et le R. P. Michel, visiteur de la mission, formèrent, en 1887, le projet d'avoir à Madagascar non plus seulement une station météorologique, mais un observatoire complet, capable de rendre de réels services à la science, et de rehausser aux yeux des indigènes le prestige de l'influence française. M. Le Myre de Vilers, résident général, encouragea vivement cette idée qui suscita d'ailleurs un vif courant de sympathie auprès des membres du gouvernement et au sein de l'Académie des Sciences. Désigné pour mettre l'entreprise à exécution, le Père E. Colin alla faire son apprentissage auprès du Père Perry, à l'Obser-

(1) Observatoire d'Ambohidempona, Tananarive (Madagascar).

Fig. 36. — L'ancien Observatoire de Tananarive.

Fig. 37. — L'Observatoire de Tananarive en ruines.

vatoire de Stonyhurst, puis à l'Observatoire de Montsouris. Vers la fin de 1888, il s'embarquait pour Madagascar, emportant une collection d'instruments météorologiques, astronomiques et magnétiques, dus à l'influente initiative de M. Le Myre de Vilers.

Dès son arrivée, en janvier 1889, le Père Colin s'occupa de rechercher un emplacement convenable. Deux montagnes, situées non loin de Tananarive, semblaient offrir les conditions requises ; l'une était sacrée, il n'y fallait point songer ; l'autre était néfaste, et il paraissait facile de s'y établir. Ce ne fut pourtant qu'après bien des démarches et des pourparlers, qu'à la fin d'avril, Mgr Cazet obtint du gouvernement malgache la concession de terrain nécessaire.

Au mois de juin, les ouvriers creusaient les fondations du nouvel observatoire dans le sol granitique de la montagne d'Ambohidempona. Bien que tous les matériaux dussent être apportés à dos d'hommes, en sept mois tout était à peu près terminé.

L'Observatoire fut bâti en briques et en pierres de taille ; les fondations sont formées de blocs compacts de granit (Pl. XI, fig. 36). Construit d'après les plans de M. Lequeux, architecte de Paris, il se composa d'un octogone central de 8 mètres de diamètre, terminé en cylindre à la partie supérieure et supportant une grande coupole ; sur trois des côtés de l'octogone étaient adossés des pavillons flanqués de tours. Vu de l'est, l'ensemble de l'édifice présentait la forme d'un T, dont la branche supérieure, orientée du nord au sud, était tournée vers Tananarive. Simple mais imposant, sur sa montagne élevée presque à pic de 120 mètres au-dessus de la plaine, l'Observatoire occupait une superbe position, mais malheureusement aussi, comme nous allons le voir bientôt, une position stratégique qui lui fut funeste.

Organisation. — La nouvelle station scientifique devait être à la fois, dans le plan de ses fondateurs, astro-

nomique, météorologique et magnétique. Sans plus tarder, le Père Colin s'occupa d'organiser ces trois sections.

Dans la tour de l'est fut installé un cercle méridien portatif Rigaud, offert par l'Amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire de Paris, et dont l'histoire était à elle seule un petit roman, car, après avoir servi à M. Yvon Villarceau pour déterminer les positions géographiques de plusieurs villes de France, le pauvre instrument avait eu à subir un incendie, à l'Observatoire de Paris, pendant les troubles de la Commune, et avait été sauvé à grand' peine.

La coupole centrale abrita, au bout de quelque temps, un équatorial de Eichens, dû également à la libéralité de l'amiral Mouchez. Cette lunette avait servi à observer, en 1882, le passage de Vénus sur le Soleil et, depuis, était restée sans emploi. Sur la demande du Père Colin, l'instrument fut monté équatorialement, muni d'un mouvement d'horlogerie et expédié à Tananarive. Il n'y devait pas parvenir sans encombre. Le tube de la lunette, assimilé à un canon, et le pied parallactique pris pour un affût, effarouchèrent les Malgaches chargés de les transporter de Tamatave à l'Observatoire, et furent par eux jetés dans un fourré. Le Père Colin finit pourtant par les sauver et n'eut à déplorer que quelques pièces faussées.

Grâce à l'initiative et à la libéralité de MM. Le Myre de Vilers et Mascart, membre de l'Institut, le service météorologique fut pourvu de nombreux instruments : barographe, psychrographe, évaporographe, géothermographe furent associés avec des instruments à lecture directe observés cinq fois par jour. Sur le dôme fixe de la tour sud, on installa anémoscope et anémographes de vitesse et de pression. Le long de la balustrade qui surmontait les pavillons de la façade, furent fixés les héliographes, actinomètres et actinographe.

Dans un pavillon spécial, bâti à une certaine distance de l'Observatoire, un magnétographe Mascart donnait les

courbes continues de déclinaison, inclinaison et intensité, par enregistrement photographique.

L'une des premières occupations du Père Colin, en 1889 et 1890, fut de déterminer la longitude et la latitude de son Observatoire : nous dirons tout à l'heure comment il s'y prit. En 1891 et en 1892, aidé du Père Roblet, il déterminait à son tour l'altitude géodésique, au milieu de difficultés de toute sorte.

En 1891, on agrandissait le champ des études climatologiques, en créant un réseau de treize stations disséminées dans la grande île : Betafo, Beforona, Arivonimamo, Ambositra, Ambohimandroso, Fianarantsoa à l'intérieur; sur les côtes, Diégo-Suarez, Vohémar, Tamatave, Mananjary, Fort-Dauphin, Nos-Vé, Majunga. Ces observations, centralisées, permettaient de suivre les aires de haute et basse pression, et de tracer la trajectoire des cyclones qui visitent parfois Madagascar. Elles étaient envoyées au Bureau central de Paris et aux principaux observatoires des diverses parties du monde.

L'avenir s'annonçait donc plein de promesses pour l'Observatoire Royal de Tananarive, placé sous le haut patronage de Sa Majesté Ranavalomanjaka III. Au prix de tracas et de fatigues épuisants, avec d'assez minimes ressources, le Père Colin était arrivé à faire progresser de front ses multiples travaux, météorologiques, astronomiques, magnétiques, géodésiques, et à mettre l'Observatoire en bon rang. Tout cela était sans doute trop beau pour durer.

Destruction. — En 1894, brisé par les fièvres paludéennes et par les privations, le Père, sur l'ordre pressant des médecins, rentrait en France pour s'y rétablir. D'autre part, les relations se tendaient de plus en plus entre le gouvernement français et le gouvernement malgache ; en 1895, colons et missionnaires quittaient précipitamment Madagascar. Mgr Cazet demanda au premier ministre, Rainilaiarivony, de vouloir bien prendre sous sa protec-

tion l'Observatoire d'Ambohidempona où l'on était obligé d'abandonner tous les instruments. La requête fut favorablement accueillie, et les deux calculateurs indigènes reçurent l'ordre de continuer les observations météorologiques. Ce ne devait pas être pour longtemps. Les troupes françaises de débarquement occupaient bientôt une partie de l'île et marchaient sur la capitale ; sous le prétexte que l'Observatoire pourrait servir de poste stratégique aux ennemis, le gouvernement malgache ordonnait la démolition de l'édifice. Dans la journée du 18 septembre 1895, l'ordre sauvage était exécuté : plusieurs instruments étaient brisés et emportés dans toutes les directions, les coupoles mises à bas, les murs nivelés presque jusqu'au sol. Des efforts inouïs poursuivis pendant six ans, il ne restait que le souvenir (Pl. XI, fig. 37).

Au nord des ruines, les Malgaches élèvent à la hâte des retranchements et y établissent une batterie ; le 30 septembre, au matin, les canons français les délogent de la position que nos tirailleurs occupent bientôt, suivis par l'artillerie. Après quelques minutes de bombardement, Tananarive capitule et les Malgaches, épouvantés, s'enfuient en masse vers l'ouest.

Dès le lendemain de l'occupation, le général de Torcy, chef d'état-major du corps expéditionnaire, voulut bien s'intéresser à ce qui restait de l'Observatoire : il put réunir quelques débris d'instruments, passablement détériorés ; d'autres avaient disparu pour toujours.

Quelques mois après, en 1896, le Père Colin revenait de France, triste de tant de ruines, mais bien résolu à les relever, si on lui en fournissait les moyens. Il put immédiatement installer quelques instruments météorologiques dans l'emplacement de la mission, et reprendre une partie des observations.

Sollicité sur ces entrefaites par le général Voyron, commandant le corps d'occupation, de faire partie d'une brigade topographique envoyée en reconnaissance sur la

côte orientale de Madagascar, le Père accepte et, durant plusieurs semaines, s'emploie à l'exécution de la partie géodésique et magnétique.

A sa rentrée à Tananarive, on lui rapporte une parole pleine d'espérances, prononcée par le général Gallieni : « Les Hovas ont détruit l'Observatoire ; ils le rebâtiront. » Ils devaient le rebâtir en effet.

Reconstruction. — Depuis la prise de Tananarive, une compagnie de soldats sénégalais occupait les ruines de Ambohidempona. Enragés destructeurs, comme tous les noirs africains, ils avaient achevé de renverser ce que le temps, les Malgaches et les obus avaient épargné. Il n'était guère possible au Père Colin de s'établir en pareil voisinage. Du reste, son expérience passée lui avait fait connaître certains inconvénients provenant de la situation topographique de l'ancien Observatoire. Il songea à choisir un autre emplacement. Deux sommets sur lesquels il avait successivement porté son choix, devaient être utilisés pour des postes fortifiés et ne purent lui être accordés ; la terrasse supérieure du palais de la reine qu'on lui offrit, ne présentait pas des garanties de stabilité suffisantes et ne pouvait convenir. Force fut, bon gré mal gré, de revenir à Ambohidempona.

Au mois de juin 1898, le Père Colin s'établissait dans l'ancien pavillon magnétique, réparé à la hâte ; les pans de murs ruinés de l'Observatoire étaient démolis ; les fondations de granit seules restaient en bon état. Toute indemnité avait été refusée par le comité consultatif du contentieux, l'Observatoire ayant été détruit pour fait de guerre ; la colonie accordait pourtant une subvention de 10 000 francs, en considération des services rendus par le Père. Avec cette somme bien insuffisante et une centaine de prestataires, prêtés par le général Gallieni, on se mit à l'œuvre, courageusement.

Quelques modifications furent faites au plan primitif. Ayant renoncé à tout espoir de coopérer à la carte pho-

tographique du ciel austral, le Père Colin se résolut à réduire et à simplifier le service astronomique. Au lieu du pavillon central que surmontait la grande coupole, on construisit un simple péristyle. La grande façade fut relevée, et perpendiculairement à sa direction, du côté sud, on éleva une nouvelle aile. En même temps, une maison d'habitation en pisé fut construite, à deux cents mètres de l'Observatoire, en contre-bas, à l'abri des forts vents d'est.

Dans l'intervalle, les épaves du naufrage de 1895 étaient recueillies peu à peu. Chronomètres, miroir d'héliostat, axes, plaques de fonte, crapaudines, etc., finissent par répondre à l'appel.

En 1899, un prix de 6 000 francs, fondé, à la Société de Géographie, par Mme Herbet-Fournet, et attribué aux Pères Colin et Roblet, permet de couvrir les frais d'achat chez MM. Gillon, de Paris, d'une coupole de cinq mètres de diamètre. Ce ne fut pas sans des péripéties nombreuses qu'arrivèrent, de Majunga à Tananarive, les huit volumineuses caisses qui renfermaient ce lourd colis ; elles arrivèrent pourtant et, au début du mois d'août 1899, la coupole tournait sur ses rails. Quelques mois après, la lunette équatoriale d'Eichens, réparée tant bien que mal, était installée sur un nouveau pilier, et deux lunettes méridiennes, celle de Rigaud et une de Brünner, orientées dans une nouvelle salle.

Depuis lors, les travaux de l'Observatoire d'Ambohidempona ont repris en partie leur cours ; le Père Colin a pu exécuter de nouveaux voyages d'exploration géodésique et magnétique. Mais, surchargé de besogne, n'ayant comme assistant actif qu'un Malgache, et ne disposant d'aucune subvention, il est malheureusement dans l'impossibilité de réaliser le vaste programme qu'il avait autrefois conçu et auquel sa science et ses connaissances techniques, plusieurs fois officiellement reconnues, lui donneraient le droit de prétendre.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — Dans son état actuel (Fig. 38), le bâtiment principal de l'Observatoire de Tananarive a la forme d'un L. Comme dans l'ancien, la grande façade est orientée du nord au sud, et terminée à une extrémité par

Fig. 38. — L'Observatoire actuel de Tananarive.

une aile perpendiculaire en retour. Au centre de la façade, un péristyle fermé entoure une salle centrale qui contient un baromètre Tonnelot à large cuvette, deux baromètres enregistreurs Richard, dont l'un, à mouvement rapide, est utilisé pour l'observation des cyclones, et un sismographe Cecchi ; de plus, les enregistreurs d'un anémomètre Robinson, d'un anémomètre Richard, et d'une girouette du même constructeur.

Encadrée dans l'aile méridionale, se trouve la salle

méridienne, soigneusement assise sur une couche compacte de gneiss granitique. On a ainsi remédié à un grave défaut de l'ancienne salle qui, souvent ébranlée par les vents d'est, rendait impossible les observations avec bain de mercure. Deux lunettes, l'une de Rigaud, l'autre de Brünner, fournissent l'heure par les passages d'étoiles. Signalons encore, avec l'équatorial de Eichens, une pendule sidérale et quatre chronomètres, une lunette photographique solaire.

Complétant la série des instruments météorologiques, se trouvent à l'extérieur thermomètres et psychromètres, thermographe et psychrographe de Richard, hygromètre enregistreur du même, pluviomètre de l'Association scientifique, actinomètre ordinaire, actinographe Violle-Richard, héliographes Campbell et Jordan, le premier brûleur, le second photographique.

Un magnétographe Mascart complet fonctionne dans le pavillon magnétique. Pour les voyages, l'Observatoire possède des instruments de mesures absolues, entre autres le théodolite-boussole Brünner.

Depuis 1903, le général Gallieni a fondé des postes météorologiques nouveaux en divers points de l'île ; leurs observations, concentrées au Service de l'Agriculture, sont communiquées à l'Observatoire. Tous les jours, des dépêches météorologiques, envoyées des ports des côtes est et ouest, arrivent à Tananarive. Elles sont également communiquées à l'Observatoire qui, d'après leurs données, avertit de l'approche des cyclones.

Travaux. — On peut ranger les différents travaux entrepris par le Père Colin à Madagascar, depuis 1889, sous quatre catégories : travaux météorologiques, astronomiques, géodésiques et magnétiques. Nous les passerons successivement en revue, en signalant au fur et à mesure ses collaborateurs.

Les observations météorologiques faites depuis 1889, soit à Ambohidempona, soit dans les sous-stations, sont

consignées, discutées et réduites dans cinq volumes déjà publiés. Elles donnent d'intéressants détails sur la marche des phénomènes atmosphériques à cette latitude. Elles ont, de plus, fourni la matière d'un mémoire sur le climat de l'Imerina, lu, en 1895, à la Société de Géographie commerciale de Paris, d'une étude sur le régime météorologique de Madagascar, pendant l'année 1902, de plusieurs articles sur les cyclones, parus dans le Journal officiel de la Colonie.

Les travaux astronomiques du Père Colin sont eux-mêmes de deux sortes : ceux entrepris pour fixer les coordonnées et l'altitude de l'Observatoire, et des travaux divers se rapportant à la géographie de Madagascar.

La longitude d'Ambohidempona fut déterminée, en 1889 et 1890, au moyen de 39 séries comprenant 561 observations d'étoiles voisines de la lune, et autant de passages de cet astre au méridien. La latitude fut mesurée, au cours de ces mêmes années, par la méthode des hauteurs d'étoiles déterminées au moyen du nadir et des quatre micromètres de la lunette méridienne Rigaud. L'opération ne se fit pas sans peine : bien des soirées furent passées en vain à l'oculaire de la lunette ; les vents d'est et de sud-est agitaient si furieusement la montagne et l'Observatoire, que le bain de mercure n'était jamais assez tranquille pour réfléchir les fils du réticule. Des nuits plus calmes permirent enfin de constituer quinze séries portant sur un total de 156 hauteurs d'étoiles.

En mars 1891, on commença la détermination de l'altitude au-dessus de l'Océan Indien, avec un théodolite à cercle répétiteur de Gambey. Le nivellement, poursuivi pendant six mois, au milieu de difficultés et d'épreuves de tous genres, donna enfin pour résultat une hauteur de 1402 mètres, valeur qui diffère de un mètre en moins de l'altitude conclue d'après trois années d'observations du baromètre à mercure. L'Observatoire de Tananarive est donc l'observatoire astronomique le plus élevé du monde.

On doit encore au Père Colin la détermination astronomique des coordonnées de 17 points de l'île, au moyen des instruments de Brünner.

Les premiers travaux géodésiques furent exécutés, en 1891, pour la détermination de l'altitude dont nous venons de parler. On devait déjà à l'infatigable patience du Père Roblet des études cartographiques sur l'Imerina et le pays des Betsiléos, études qui lui avaient valu l'un des prix attribués par l'Académie des Sciences. La détermination de la longitude et de la latitude de l'Observatoire fournissait à ces études un complément essentiel, en asseyant le réseau sur une orientation certaine. On commença par vérifier la base, mesurée vingt ans auparavant dans la plaine de Maharemana, par le Père Roblet ; puis le Père Colin poursuivit la triangulation et le nivellement géodésique, depuis le centre de l'Imerina jusqu'à Andevorante, sur 211 kilomètres de longueur et 20 de largeur, tandis que le Père Roblet établissait les levés de détail avec l'alidade nivelatrice et la planchette. Les cartes de l'Imerina nord et sud furent publiées par les deux Pères, en 1895, sur la demande du Service géographique de l'armée, à l'usage des officiers du corps expéditionnaire. Ce même service publia l'itinéraire de Tananarive à Andevorante, qui fut très utile, soit dans le tracé de la grande route de l'Est, soit pour les cartes itinéraires de Tananarive à la côte orientale.

Affecté au Bureau géographique de l'État-Major par le général Voyron, en 1896, le Père Colin triangulait, avec une brigade topographique, la côte orientale de Madagascar, sur une superficie de 125 kilomètres carrés. En 1897, il relève une superficie de 15 000 kilomètres carrés au nord de Tananarive ; en 1898, il détermine sur la côte occidentale les positions géographiques de cinq stations ; en 1900, il rectifie, sur une assez longue étendue, la côte orientale et constate que la côte s'infléchit vers le S.-S.-W.

beaucoup plus que ne l'indiquent les cartes marines ; en 1901, il relève le massif central de l'île dans tous ses détails.

Au point de vue magnétique, nous sommes redevables au Père Colin de nombreux levés de précision, exécutés sur une grande partie de la surface de l'île, au cours de ses voyages astronomiques ou topographiques. A part quelques déterminations faites sur les côtes, on ne possédait, avant lui, à peu près aucune donnée magnétique. En divers points, le Père a constaté de fortes anomalies, très intéressantes pour la détermination de la constitution géologique du sol et qui, de plus, permettent aux topographes et aux géomètres de régler leurs boussoles sur la déclinaison locale.

En 1902, à la demande du général Gallieni qui prend à sa charge les frais de construction d'un pavillon magnétique, le Père Colin coopère aux travaux de la mission allemande au pôle sud. A cet effet, il installe le magnétographe Mascart, observe pendant un an, toutes les semaines, les éléments magnétiques absolus et envoie un volumineux dossier d'observations météorologiques et magnétiques au général Gallieni.

Cette même année, il continue, sur le versant nord du massif de l'Ankaratra, les levés magnétiques qu'il avait entrepris l'année précédente et il détermine les positions géographiques d'Ambatolampy.

En 1903, le service géographique de l'État-Major demande au Père Colin de compléter sa triangulation, en serrant les stations géodésiques aussi près que possible les unes des autres (3 ou 4 km. au maximum). La moitié de ce travail était déjà exécutée, calculée et livrée au service géographique en 1904. De sa propre initiative, le Père Colin parachève cette œuvre cartographique, en relevant les éléments magnétiques en 49 points compris dans ce réseau.

Les travaux les plus importants du Père Colin sont consignés dans des rapports et communications faits à

l'Académie des Sciences, de 1892 à 1905, après chacun de ses voyages. Les derniers rapports donnent les valeurs magnétiques absolues observées chaque semaine à Ambohidempona.

Ajoutons en terminant que, malgré ses absorbantes occupations, le Père Colin a su trouver le temps de publier un ouvrage sur la grande île sud-africaine, plusieurs articles dans diverses Revues et un recueil de mélodies malgaches, transcrites au cours de ses explorations scientifiques.

Conclusion. — On voit que pour n'avoir pas eu l'existence calme et fortunée de quelques-uns de ses frères, l'Observatoire de Tananarive, grâce au zèle et à la volonté tenace de son Directeur, n'en a pas moins su se créer une place honorable, qu'on se plaît du reste à reconnaître. En 1890, l'Académie des Sciences décernait au Père Colin le prix Jérôme Ponti, en 1898 le prix Valz, en 1903 le prix Gay ; en 1895, la Société de Géographie lui attribuait les prix et médailles d'or Louise Bourbonnaud, en 1898, le prix de 6000 francs Herbet-Fournet. De plus, il était successivement nommé Officier d'Académie, Officier de l'Instruction publique et Correspondant de l'Institut.

Ces distinctions flatteuses ne peuvent pourtant consoler le Père Colin de la ruine de son premier Observatoire, ni lui faire oublier le manque d'aide et de ressources qui paralyse le développement de son œuvre, si utile et si française.

OBSERVATOIRE DE JERSEY (1)

Installation. — L'Observatoire St-Louis est situé dans l'île de Jersey. C'est un Observatoire de recherches

(1) Observatoire St-Louis, St-Hélier, Jersey (Iles de la Manche).

météorologiques. Le fondateur et directeur actuel est le Père Marc Dechevrens, pendant de longues années directeur de l'Observatoire de Zi-ka-wei, et que son état de santé obligea, en 1887, à revenir en Europe.

La fondation de cet Observatoire date de la fin de l'année 1893. Sur une colline de 55 mètres de hauteur qui, au nord, domine la ville de St-Hélier, capitale de

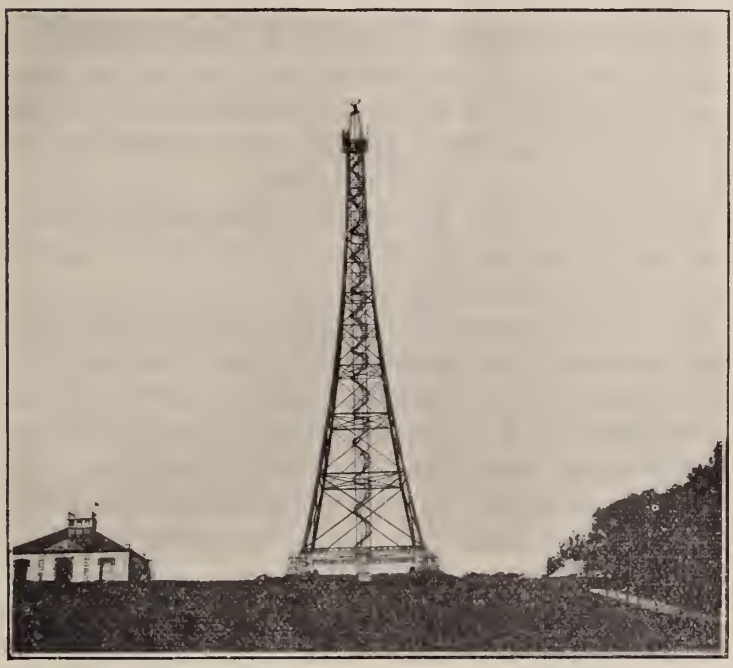


Fig. 59. — L'Observatoire St-Louis, à Jersey.

l'île de Jersey, fut élevée une tour d'acier de 50 mètres de hauteur, destinée à supporter des anémomètres. A quelque distance du pied de la tour, le bâtiment de l'Observatoire comprend une salle centrale qui abrite les enregistreurs ; autour, une salle méridienne, une bibliothèque, des laboratoires et des chambres pour les observateurs..

L'Observatoire possède un équipement météorologique

complet : au sommet de la tour (Fig. 39), un anémomètre universel Dechevrens, à contacts électriques, enregistre la direction du vent et les deux composantes de la vitesse ; au-dessous de lui, fonctionnent girouette et anémomètre à succion.

Au-dessus de la salle centrale sont installés moulinet Robinson, girouettes, héliographe Jordan. Cette salle renferme des enregistreurs Richard pour les anémomètres, un baromètre Tonnelot à large cuvette et à échelle compensée, un barographe Richard, un barographe à mouvement rapide, un barographe à air et eau d'une grande sensibilité, etc. Un abri extérieur contient les thermomètres et psychromètres.

Signalons en outre une lunette méridienne de Gautier, de 5 cm. et une lunette de 11 cm. d'ouverture à laquelle peut s'adapter un spectroscope.

Un Bulletin annuel très complet publie, depuis 1894, les données météorologiques d'usage. En outre, des observations magnétiques d'inclinaison et de déclinaison sont faites, depuis 1897, au moyen d'une boussole de Dover portant une lunette à réticule, adaptée par le constructeur lui-même. Les valeurs magnétiques, mesurées trois fois par mois, sont également consignées sur le Bulletin.

Inventions et travaux. — Nous avons, dans la notice sur l'Observatoire de Zi-ka-wei, mentionné simplement au passage les travaux entrepris en Chine, dès 1885, par le Père Dechevrens sur les mouvements de la haute atmosphère et les variations de température produites par les tourbillons. Le détail de ces travaux, poursuivis à Jersey par le Père, trouve ici sa place naturelle.

Les premiers mémoires du Père Dechevrens sur les mouvements généraux de la haute atmosphère datent de 1885 et 1886. Plusieurs autres les ont suivis depuis, qui n'ont fait que confirmer les idées émises dans les premiers. Tous aboutissent au même résultat : les mouvements

généraux de l'atmosphère, au-dessus de la zone tempérée de l'hémisphère nord, ne semblent pas répondre à l'idée qu'on s'en était faite d'après les recherches de Maury et de Dove. On croyait, sur l'autorité de ces savants auteurs, à l'existence d'une vaste circulation entre l'équateur et le pôle, à un « courant équatorial » supérieur et à un « courant polaire » inférieur de retour. De fait, aujourd'hui, ces dénominations elles-mêmes sont abandonnées, depuis que les résultats des observations du Père Dechevrens, étendus ensuite à l'Europe et à toute la zone tempérée, ont montré avec évidence un immense courant d'ouest à est, établi dans les couches supérieures de l'atmosphère.

Dès 1877, le Père Dechevrens pressentait la chose, car voici ce qu'il écrivait dans un mémoire intitulé *Recherches sur la variation des vents à Zi-ka-wei* : « Les observations des nuages supérieurs montrent qu'il existe, au-dessus de l'horizon de Zi-ka-wei et dans les hautes régions de l'atmosphère, un fleuve aérien s'écoulant de l'ouest à l'est. Ce qui donne à ce fait une très grande importance, c'est que les vents d'ouest proprement dits sont presque nuls à Zi-ka-wei » (p. 23). Zi-ka-wei est à la limite de la zone tropicale et de la zone tempérée, par 31° de latitude nord.

C'est en 1885, dans un mémoire sur la *Direction des cirrus à Zi-ka-wei, d'après huit années d'observations*, que le Père Dechevrens établit définitivement l'existence d'un grand courant supérieur d'ouest à est, au-dessus de l'Asie orientale. Le rôle qu'il osa assigner à ce courant dans l'économie générale des mouvements de l'atmosphère terrestre est considérable. Il le regarda d'abord comme une déviation du contre-alizé de sud-ouest, venu originairement de l'océan Indien équatorial. Ce courant s'abaisse vers le Pacifique, en continuant sa rotation par le nord ; parvenu à la surface de la mer, sous le Japon, il revient ensuite à l'équateur comme alizé de nord-est.

Ce qui se passait ainsi au-dessus de l'Asie orientale par rapport au Pacifique, le Père Dechevrens le soupçonnait et l'indiquait, au-dessus des contrées orientales des États-Unis d'Amérique, par rapport à l'Atlantique.

L'alizé de N.-E., dans notre hémisphère, ne serait donc plus, comme on le croyait alors et comme on le répète encore parfois, le courant de retour descendu du pôle et dévié au S.-W., à partir du 35e degré de latitude, par la rotation du globe. La circulation atmosphérique provoquée par l'excès de chaleur, à l'équateur, serait strictement limitée à la zone tropicale ; l'air ascendant de l'équateur ne tarderait pas à y faire retour, comme courant de S.-W., d'W. et de N.-W., dans les hautes régions, comme courant de N., de N.-E. et d'E. dans les régions inférieures.

Cet ensemble d'idées était nouveau et hardi, à l'époque où il fut émis ; appuyé sur des observations irrécusables et de grand poids, il excita le zèle des observateurs en Europe, comme en témoigne ce passage du *Rapport de la Commission internationale des Nuages* (1903) : « Le R. P. Marc Dechevrens a démontré le premier, en 1885, que la direction moyenne des nuages supérieurs est constamment de l'ouest dans la zone tempérée (en Asie). Comme nous l'avons dit plus haut, nous avons, depuis la même année 1885, trouvé la même chose pour l'Europe et d'autres parties des zones tempérées. »

Le fait est donc pleinement admis aujourd'hui. M. Bernard Brunhes, directeur de l'Observatoire du Puy-de-Dôme, écrivait dans la Revue générale des Sciences, du 30 mai 1904, en rendant compte de l'important ouvrage de MM. H. Hildebrandsson et L. Teisserenc de Bort sur *Les Bases de la météorologie dynamique*, et en citant leurs propres expressions : « Au delà de la région des calmes tropicaux, commence la circulation propre de la zone tempérée où l'air tourne constamment de l'ouest à l'est, ainsi que l'a établi pour la première fois le Père Dechevrens. »

Adoptant jusqu'au bout les déductions auxquelles le Père Dechevrens avait été amené, par l'étude de l'atmosphère de Zi-ka-wei, le *Rapport de la Commission internationale des Nuages* et les *Bases de la Météorologie dynamique*, qui reproduisent intégralement ce rapport, concluent ainsi la discussion des observations de nuages faites sur tous les points du globe : « Au-dessus des alizés il règne un contre-alizé du S.-W. sur l'hémisphère boréal. Ce contre-alizé ne dépasse pas la limite polaire de l'alizé; il est dévié de plus en plus à droite pour devenir un courant de l'ouest, au-dessus de la crête du maximum barométrique des tropiques (entre 30° et 35° de latitude), où il descend pour alimenter l'alizé. »

En même temps qu'il poursuivait l'étude des mouvements généraux de l'atmosphère, le Père Dechevrens faisait d'intéressantes et importantes recherches sur les perturbations de l'équilibre atmosphérique, dues aux grands mouvements tourbillonnaires, et sur les curieux phénomènes de température qui les accompagnent.

En dehors des variations lentes et graduelles qui proviennent de la succession des saisons, toutes les variations accidentelles du temps, parfois si brusques et si considérables, sont occasionnées par le passage incessant de tourbillons de vaste étendue, dans la direction de l'est ou du nord-est. De toutes ces variations, les plus importantes, parce que les autres n'en sont guère que la conséquence, sont celles de la température de l'air. Le Père Dechevrens en a fait, depuis vingt ans, une étude persévérante.

Ses idées étaient déjà faites, en 1886, lors de la publication de son premier mémoire sur cette importante question. Mais les rapides conquêtes faites, en ces dernières années, sur la haute atmosphère, grâce à l'emploi des ballons-sonde, ont ramené à l'ordre du jour plus d'un point traité par le Père, à cette époque déjà lointaine. Les découvertes les plus récentes paraissent bien confirmer ses vues sur la constitution des tourbillons atmo-

sphériques, en même temps qu'elles corroborent les critiques adressées par lui à la théorie mécanique des cyclones.

Dans cette théorie, généralement acceptée par les météorologistes d'Europe, on admet que les températures différentes observées dans les cyclones et les anticyclones sont l'effet des mouvements de l'air, mais des seuls mouvements verticaux : l'air se refroidirait par le fait qu'il monte et se réchaufferait par le fait qu'il descend.

Le Père Dechevrens fait remarquer que ce serait vrai si l'élévation de l'air, d'un côté, était due à un excès de température, et sa descente à un déficit sur la normale. Mais tel n'est pas le cas. L'air ne s'élève, dans le cyclone, quelle que soit sa température initiale, qu'à la suite d'une forte diminution de la pression, occasionnée dans une région moyennement élevée, par la cause génératrice de tout le trouble atmosphérique considéré. Or, ce trouble s'est propagé aussi bien dans les masses supérieures que dans les masses inférieures, donnant ainsi lieu à la formation de deux tourbillons symétriques superposés. On pourrait donc attribuer le refroidissement dont il s'agit aussi bien au courant descendant qu'au courant ascendant, ce qui impliquerait contradiction dans la théorie.

D'autre part, l'air ne descend, dans l'anticyclone, indépendamment de sa température actuelle, que parce que, sous l'action de la même cause perturbatrice, les masses aériennes, expulsées de la région cyclonique, sont venues s'accumuler sur un autre point de la couche moyenne ; l'excès de pression qu'elles y exercent les a réchauffées et les contraint, en même temps, à s'élever et à s'abaisser le long de la même verticale. Ici encore, on devrait donc, contradictoirement, attribuer ce réchauffement aussi bien au courant ascendant qu'au courant descendant. Il est évident, d'ailleurs, que le réchauffement précède ici la descente et ne la suit pas : il ne la suit pas, en fait, puisqu'on observe au pied de la colonne descendante, non un excès, mais un sensible déficit de la température.

De plus, le Père Dechevrens fait observer que le résultat thermique qu'on devrait naturellement attendre du courant ascendant cyclonique et du courant descendant anticyclonique est contraire à celui que lui assigne la théorie mécanique. En effet, ces deux courants verticaux ont pour objet et doivent avoir pour résultat immédiat de rétablir l'équilibre de pression, troublé dans la région moyenne, le courant ascendant en relevant la pression et par suite la température, le courant descendant en abaissant pression et température, sur tous les points où pression et température ne sont pas normales. Le Père conclut donc assez logiquement, semble-t-il, que le refroidissement qui a lieu à la tête du cyclone par basse pression et au pied de l'anticyclone par haute pression, est l'effet de la dispersion horizontale d'air qui s'y produit, tandis que le réchauffement observé à la tête de l'anticyclone et au pied du cyclone est l'effet de la concentration horizontale des masses d'air affluentes. D'ailleurs, les ballons-sonde ont fait connaître que dans les très hautes régions, entre 15 000 et 20 000 mètres d'altitude, il fait beaucoup plus froid au-dessus de l'anticyclone qu'au-dessus du cyclone. Cette importante constatation semble justifier les deux assertions du Père Dechevrens, relatives à l'existence d'un tourbillon supérieur renversé et à l'efficacité des mouvements horizontaux pour modifier les températures.

Ajoutons enfin que les cirrus et leurs mouvements ont fourni au Père de curieuses particularités, cadrant fort bien avec la théorie des deux tourbillons et explicables par les seuls mouvements horizontaux de l'air. Les idées émises par le Père Dechevrens ont, sur ce point encore, fait leur chemin. Tout récemment, M. Helm Clayton, le célèbre météorologiste américain, disait dans un mémoire intitulé *Recherches sur la température dans les cyclones et anticyclones de la zone tempérée :* « Le Père Marc Dechevrens a été le premier à signaler des observations qui

tendaient à combattre l'opinion, alors courante, que les cyclones étaient des aires de chaleur (dans toute leur hauteur). Ses résultats montrent que, sur les plaines, la température s'élève quand la pression diminue. Pour les sommets de montagnes, ses résultats prouvent d'une façon aussi décisive que c'est le contraire qui a lieu et que la température tombe en même temps que la pression. »

A l'occasion de la réunion du Congrès météorologique d'Innsbrück, en septembre 1905, le Père Dechevrens a résumé, dans un nouveau mémoire, ses divers arguments en faveur de sa théorie hydrothermodynamique des cyclones et exposé son opinion sur les causes probables de ces grands troubles atmosphériques. Il y voit le résultat d'une lutte engagée par les forces atmosphériques pour rétablir l'équilibre des pressions et des courants, troublé par l'inégale distribution des températures entre les mers et les continents, à la surface de notre hémisphère.

Comme corollaire de ces études, signalons un intéressant instrument inventé par le Père Dechevrens, l'anémomètre universel.

Dès 1881, pour contrôler les observations et les recherches qu'il faisait à Zi-ka-wei, le Père Dechevrens avait imaginé une girouette spéciale, ou *inclinomètre*, destinée à mesurer l'angle fait avec l'horizon par les courants d'air ascendants ou descendants. L'instrument n'était point parfait ; de plus, s'il indiquait la direction des courants, il n'indiquait pas leur vitesse.

En 1885, l'inclinomètre était remplacé par le *clino-anémomètre* ou *anémomètre universel* (Fig. 40). Cet anémomètre se compose de trois parties principales. Un moulinet, analogue au moulinet Robinson, mais formé de coupes hémi-cylindriques verticales, est mis en mouvement par les courants d'air horizontaux à l'exclusion des autres ; les courants verticaux, de leur côté, agissent sur un second moulinet à palettes plates inclinées à environ 45°, deux par deux, dans des directions perpendiculaires ; enfin

deux roues verticales à ailettes servent à orienter toujours la barre supportant les deux moulinets dans une direction perpendiculaire à celle du vent, de façon à ce qu'ils ne s'influencent pas mutuellement. Des contacts électriques

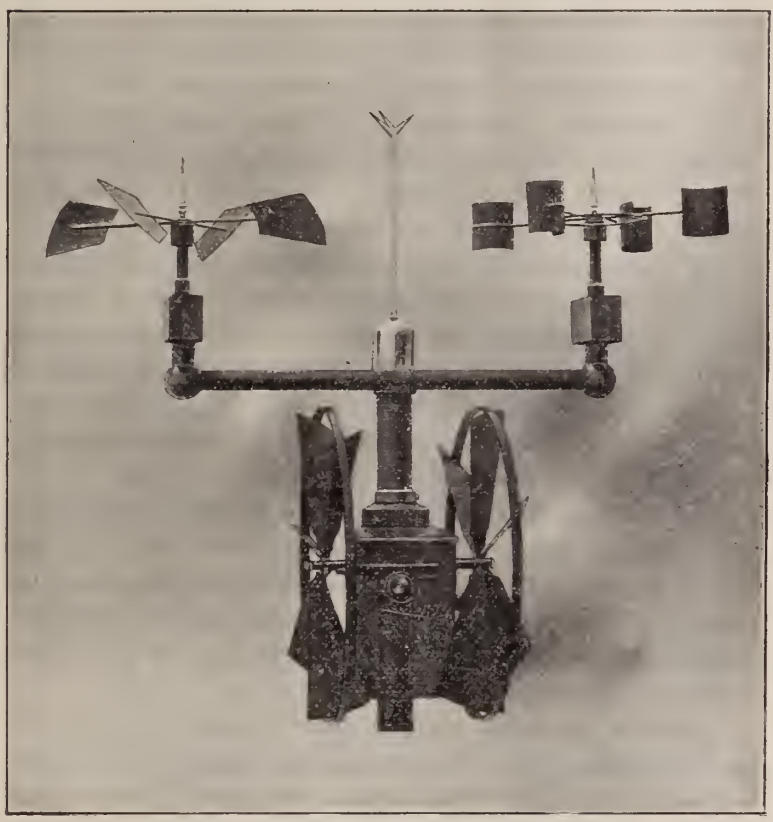


Fig. 40. — Anémomètre universel Dechevrens.

permettent d'enregistrer séparément la direction du vent, sa composante horizontale et ses deux composantes verticales, ascendante ou descendante, avec leurs vitesses relatives.

Le clino-anémomètre installé à Zi-ka-wei sur une tour en bois de 40 mètres de hauteur, fournit au Père Deche-

vrens les éléments d'un mémoire sur l'inclinaison des vents, paru en 1887. En 1889, un exemplaire de l'instrument était placé sur la Tour Eiffel, mais malheureusement dans d'assez mauvaises conditions. En 1894, le Père Dechevrens installait lui-même le clino-anémomètre à Jersey, au sommet de la tour d'acier, à 50 mètres du sol ; il a pu, depuis lors, faire, grâce à ses indications, des remarques intéressantes. Nous en noterons quelques-unes.

La composante verticale du vent varie d'une façon très régulière ; elle est manifestement dépendante de l'échauffement diurne des couches inférieures de l'air et elle atteint son maximum vers 1 heure de l'après-midi.

La composante verticale descendante subit des variations horaires assez curieuses ; son maximum a lieu à midi, en même temps que le maximum de la composante ascendante ; son minimum a lieu à 4 heures du matin ; le rapport des vitesses maxima et minima de cette composante est à peu près exactement 4. Le Père Dechevrens avait déjà constaté semblables résultats en Chine.

Des courants verticaux ascendants existent, non seulement en été, mais même en plein hiver, dans l'île de Jersey et, par suite, on ne saurait négliger ces courants dans l'étude des variations de la tension de la vapeur d'eau ; ils donnent au contraire l'explication de ces variations dans les îles et sur les côtes.

Ajoutons, pour être complet, que l'on a parfois reproché au clino-anémomètre un manque de sensibilité pour les courants verticaux descendants, qui sont, à certains moments, excessivement faibles. Une série d'observations assez longue permettra sans doute d'éliminer cette cause d'erreur.

Dans un autre ordre d'idées, on doit au Père Dechevrens une méthode simplifiée, dite *des Facteurs*, pour le calcul des séries de Fourier et de Bessel, lorsqu'on les applique à la météorologie.

Ces séries permettent de décomposer les courbes météo-

rologiques périodiques en leurs éléments constitutifs; elles permettent également d'interpoler de nouvelles valeurs dans la série des observations et de corriger même les séries d'observations un peu défectueuses. Mais leur maniement n'est pas sans difficulté ; leur calcul par la méthode naturelle ou trigonométrique est fastidieux et donne lieu à bien des erreurs.

Dès avant 1890, le Père Dechevrens s'était préoccupé d'abréger ce laborieux calcul et de simplifier le mécanisme des formules employées. Dans une communication à l'Académie des Sciences de Paris, le 19 mai 1890, il exposa la théorie des transformations à faire subir à la formule de Bessel pour l'amener à ne plus exiger, dans sa résolution, que des opérations arithmétiques, additions et multiplications. La théorie et la pratique de ces transformations ont depuis été données par le Père Dechevrens dans deux Mémoires à l'Académie des *Nuovi Lincei* de Rome (Vol. XVI et XVII, 1899 et 1900). Des tables et un interpolateur à cadran permettent très simplement de calculer, corriger et interpoler les séries météorologiques usuelles de 3, 6, 12, 24, 36 observations. La méthode est désormais à la portée de tous les calculateurs.

Pour terminer, nous dirons quelques mots d'un instrument que le Père Dechevrens a combiné et étudié, durant ses courts instants de loisir, le *Campylographe* (1).

Le campylographe, dans sa conception première, devait se borner à tracer les courbes de Lissajous, courbes qui résultent de deux mouvements rectilignes pendulaires rectangulaires. Il s'est d'abord transformé en un instrument plus général et de plus grande portée, par l'addition d'un troisième mouvement circulaire uniforme, celui du plan d'inscription de la résultante des deux mouvements précédents. Puis, en faisant guider les règles directrices par leurs deux extrémités, et en donnant à ces deux extré-

(1) Voir : REVUE DES QUEST. SCIENT., t. XLIX, p. 22 ; et ANNALES DE LA SOC. SCIENT., t. XXVI, sec. partie, p. 41.

mités des mouvements différents, tout en conservant la rotation du plateau d'inscription, l'inventeur est arrivé à réaliser un campylographe donnant la résultante de cinq mouvements.

Au point de vue géométrique, le campylographe présente de l'intérêt : il dessine à volonté les diverses courbes usuelles, puis le groupe des épi- et hypocycloïdes, leurs courbes parallèles et leurs conchoïdes, le groupe encore des scarabées, des foliums et de leurs conchoïdes ; le tout dans des conditions graphiques déterminées. Des différences de phase, introduites dans l'un des mouvements, donnent des courbes décalées, qui, regardées stéréoscopiquement, présentent un relief admirable.

OBSERVATOIRE DE TORTOSE (1)

L'Observatoire de Tortose, ou, comme il est plus spécialement nommé, l'Observatoire de l'Ebre, est situé près de la ville de Tortose, à l'embouchure de l'Ebre, au-dessus de la délicieuse vallée du fleuve. C'est le plus récemment fondé des observatoires de la Compagnie de Jésus, car son inauguration ne date que de septembre 1904, mais c'est l'un des plus intéressants par son but très spécial et son aménagement perfectionné. Le fondateur et premier directeur en est le Père R. Cirera, ancien directeur du service magnétique à l'Observatoire de Manille, et auteur de travaux techniques appréciés sur le magnétisme dans les Philippines.

L'Observatoire de l'Ebre (Fig. 41) est composé, suivant la méthode aujourd'hui classique, de pavillons séparés, au nombre de six, espacés sur une colline offrant des conditions géologiques très favorables. Son objet principal est

(1) Observatorio del Ebro, Tortosa (Espagne).

Fig. 42. — Observatoire de l'Ebre, a Tortose.
Pavillon électro-météorologique.

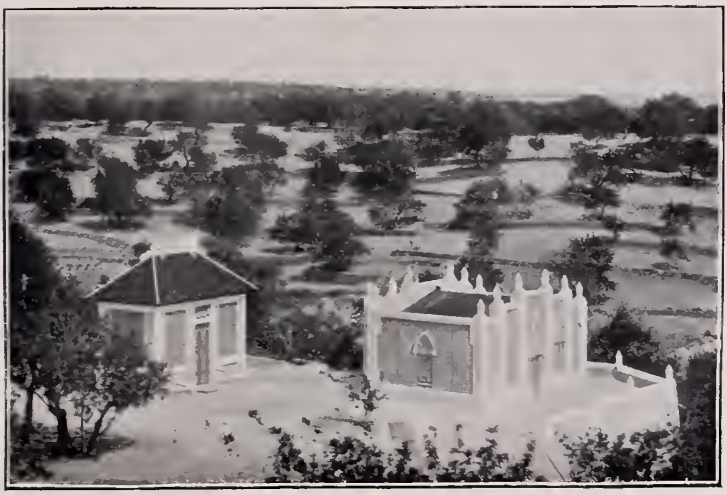


Fig. 43. — Observatoire de l'Ebre, a Tortose.
Pavillons magnétiques.

l'étude du magnétisme considéré en lui-même et dans ses relations avec les phénomènes électriques de l'atmosphère et les phénomènes d'activité solaire (Pl. XII, fig. 42). Accessoirement et comme complément des études précédentes, l'Observatoire enregistrera les éléments météorologiques principaux, les mouvements microsismiques du sol ; enfin il s'occupera d'une façon suivie de la polarisation de la lumière atmosphérique.

Fig. 41. — Observatoire de l'Ebre, à Tortose.
1. Maison d'habitation. 2. Pavillon électro-météorologique. 3. Appareils météorologiques à l'air libre. 4. Néphoscope de réfraction. 5. Pavillon sismique. 6. Pavillon astrophysique. 7. Pavillon pour les observations magnétiques absolues. 8. Pavillon des instruments magnétiques enregistreurs.

Nous décrirons successivement chacune de ces sections.

Section magnétique. — La section magnétique comprend deux pavillons séparés (Pl. XII, fig. 43). Le premier renferme, dans une cave à deux salles, deux séries complètes d'instruments de variation de M. Mascart ; l'un est un magnétographe à enregistrement photographique, l'autre un instrument à lecture directe. L'enregistreur utilise l'acétylène, et l'inscription se fait sur un cylindre déroulant deux centimètres à l'heure. Le second pavillon est destiné aux déterminations magnétiques absolues. Un magnétomètre unifilaire du modèle de Kew donne la déclinaison et la composante horizontale ; l'inclinaison est

mesurée au moyen de l'*inclinations-inductor* du modèle de Potsdam.

Section astrophysique. — A cette section est réservé un pavillon en forme de croix. Au centre une coupole mobile abrite une lunette équatoriale double, avec objectifs visuel et photographique de 162 millimètres. L'instrument, construit par Mailhat, servira à l'étude des taches et protubérances. Dans les ailes de ce pavillon sont installés un cercle méridien (Pl. XIII, fig. 44) pour la détermination de l'heure, accompagné de deux pendules, l'une sidérale avec balancier Rieffler, l'autre de temps moyen, distribuant électriquement l'heure à tous les pavillons; un spectrogoniomètre à réseau Rowland avec chambre photographique, utilisé pour mesurer la vitesse radiale des éruptions solaires par le déplacement des raies du spectre ; enfin un spectro-héliographe à deux fentes, système Evershed, permettant d'isoler une radiation déterminée du spectre, et de photographier ainsi en lumière monochromatique toute la surface solaire. Sur les plaques fournies par ce dernier instrument, la chromosphère a 60 millimètres de diamètre. Un sidérostat polaire sert à maintenir sur le spectroscope un faisceau de rayons de direction constante.

Section électrique. — Cette section occupe un quatrième pavillon. Le potentiel électrique de l'air est mesuré au moyen de deux électromètres à quadrants, système Mascart, de sensibilités différentes : l'un, très sensible, destiné aux observations ordinaires ; l'autre, à aiguille plus lourde, pour enregistrer les potentiels élevés. Deux galvanomètres enregistreurs Deprez-d'Arsonval servent à mesurer les courants telluriques dans deux directions perpendiculaires. Un céraunographe, du modèle construit et employé à l'Observatoire de Kalocsa, par le Père Fényi, est utilisé pour l'enregistrement des orages électriques. Enfin, la déperdition de l'électricité est étudiée avec les appareils et suivant la méthode de Elster et Geitel. De plus, un

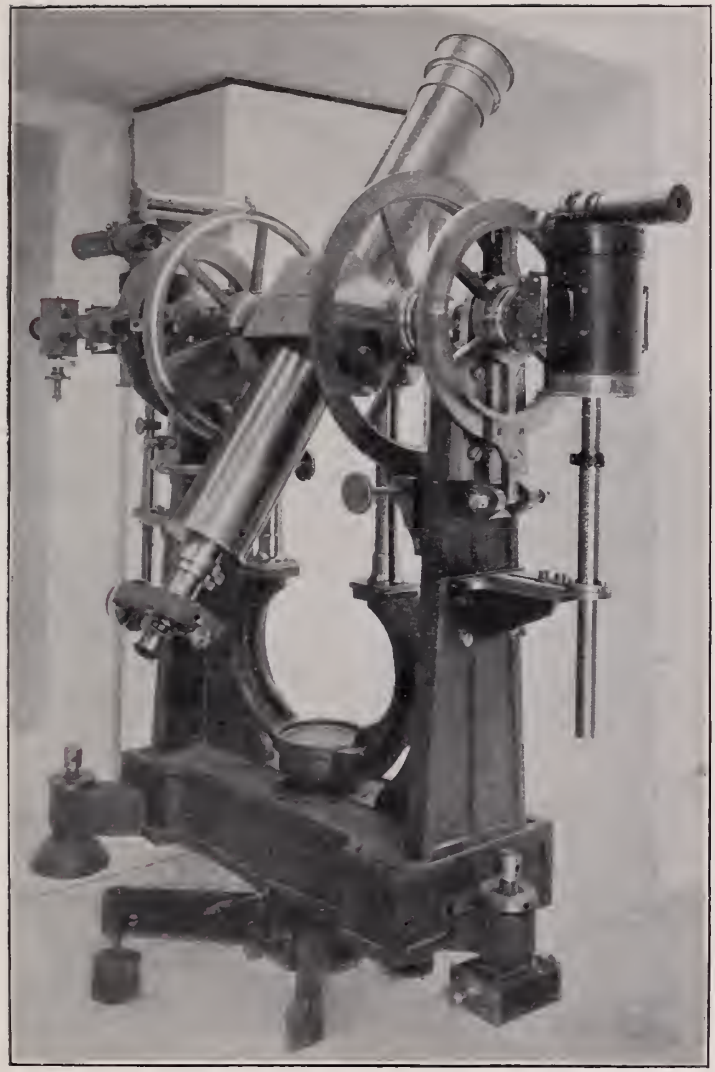


Fig. 44. — Observatoire de l'Ebre. a Tortose.
Cercle méridien, par Mailhat.

appareil de Gerdien donne le rapport du nombre des ions positifs à celui des ions négatifs dans l'air libre (Fig. 45).

Section météorologique. — Une partie du pavillon électrique est attribuée à cette section et comprend baromètres et barographes, actinomètres divers. Des abris extérieurs renferment thermomètres et psychromètres. Un cinquième pavillon sert à l'étude des nuages, au moyen d'une herse néphoscopique de M. Bessons et d'un néphoscope à réfraction. Un photopolarimètre Cornu, à monture azimutale et zénithale, permet de faire des observations sur la lumière atmosphérique.

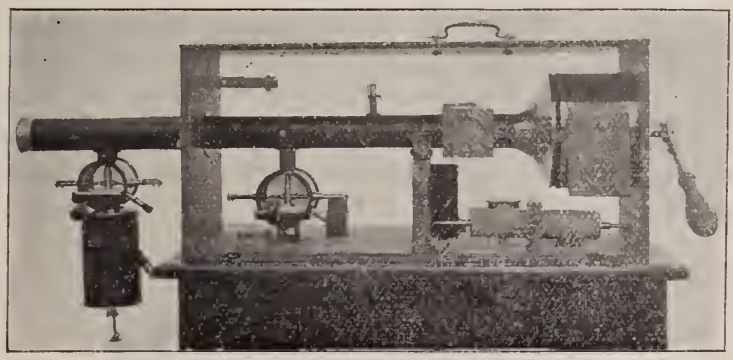


Fig. 45. — Observatoire de l'Ebre, à Tortose.
Appareil de M. Gerdien pour l'étude de l'ionisation de l'air.

Section sismologique. — Un sixième pavillon, en grande partie souterrain, abrite un microsismographe à trois composantes, de Vicentini, et les pendules horizontaux de Grablovitz.

On voit que rien n'a été négligé par le Père Cirera pour faire de l'Observatoire de l'Ebre un observatoire astrophysique de premier ordre. Pour être une science nouvelle, la physique cosmique n'en est pas moins appelée à de hautes destinées ; les relations de l'activité solaire avec la plupart des phénomènes météorologiques et magnétiques de notre globe, pour n'être encore guère connues dans leurs lois, n'en sont pas moins indiscutables. Aussi com-

prend-on les espérances que beaucoup fondent sur l'étude d'un astre qui régit nos saisons et leurs variations décourageantes.

Souhaitons donc longue vie et brillant avenir au jeune observatoire créé pour faire progresser cette science qu'un de nos astronomes a récemment nommée « *la météorologie de l'avenir* ».

A l'occasion de l'éclipse solaire du 30 août 1905, phénomène qui, pour la première fois, visitait un observatoire, en la personne de celui de Tortose, de précieuses observations y ont été faites par un groupe de Jésuites. De plus, le Père J. Algué dirigeait une mission à Palma, et le Père L. Cortie une autre mission à Vinaroz. Aussi S. M. Alphonse XIII chargea-t-elle le ministre de l'Instruction Publique d'adresser au Père Cirera une gracieuse lettre, pour le remercier de tout ce que la Compagnie de Jésus avait fait, en cette circonstance, pour le progrès de la science et le renom de l'Espagne.

OBSERVATOIRE DE CLEVELAND (1)

I

HISTORIQUE

C'est en 1895 que les Pères du Collège St-Ignace de Cleveland, dans l'Ohio (États-Unis d'Amérique), décidèrent de fonder un petit observatoire météorologique. Il fut équipé comme les stations de 1re classe du Bureau central météorologique de Washington ; le Père F. Odenbach en fut nommé directeur.

(1) Ignatius' College Observatory, Cleveland (Ohio), États-Unis d'Amérique.

Le but principal assigné à l'Observatoire était l'étude de l'électricité atmosphérique et des nuages de la haute atmosphère. Sans négliger l'observation des données ordinaires, l'Observatoire a, depuis dix ans, poursuivi sa tâche avec un succès croissant. Son histoire n'offre, du reste, aucune péripétie bien saillante ; mais ses travaux nous arrêteront plus longtemps.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire est au cinquième étage de la tour qui, d'un côté, limite la belle façade du Collège St-Ignace (Fig. 46). Là se trouvent trois

Fig. 46. — Collège de Cleveland.

salles : l'une sert aux instruments météorologiques, la seconde de bibliothèque, la troisième de chambre noire pour la photographie. Un sixième étage contient une salle, percée de fenêtres de tous côtés et d'où l'on commande tout l'horizon, chose précieuse pour l'observation des nuages.

L'équipement météorologique comprend baromètres et barographes, thermomètres et thermographes, anémomètre Robinson à contacts électriques, girouette à contacts, héliographes, pluviomètre enregistreur, électroscope spécial avec tige extérieure pour la mesure du potentiel de l'électricité atmosphérique, néphoscope, météorographe et céraunographe.

La plupart de ces instruments sont du modèle du *Weather Bureau*. Les deux derniers sont de l'invention du Père Odenbach et fabriqués par lui-même.

Au moyen de contacts électriques et d'électro-aimants guidant les plumes, le météorographe enregistre sur un tambour horizontal faisant un tour en une semaine, la quantité de soleil, la vitesse et la direction du vent. Sa marche est parfaite.

C'est au Père Odenbach que le céraunographe doit son nom, destiné à rappeler son rôle d'enregistreur d'éclairs. Nous avons raconté, dans la notice sur l'Observatoire de Kalocsa, comment, à la suite d'une communication faite par M. Ducretet de Paris à l'Académie des Sciences, divers auteurs, entre autres le Père Schreiber, avaient utilisé les propriétés connues du cohéreur Branly, pour capter les ondes électriques émanées d'éclairs lointains, et les enregistrer. Étudié par le Père Odenbach pendant plusieurs années, le céraunographe s'est peu à peu transformé entre ses mains ; de multiples perfectionnements en ont fait un instrument sensible et docile. Voici les particularités les plus intéressantes du dernier modèle (Pl. XIV, fig. 47).

Tout d'abord, le cohéreur à limaille est complètement abandonné ; il est remplacé par des baguettes de graphite posées sur deux épingles d'acier oxydé. La sensibilité est plus considérable avec deux ou trois baguettes qu'avec une seule. Le Père Odenbach emploie d'ordinaire deux cohéreurs de sensibilité différente et deux relais, avec bobines de résistance différente. En temps ordinaire, pour

déceler les orages lointains, on met en circuit le cohéreur le plus sensible à quatre baguettes, avec un relai de 1000 ohms. On parvient de cette façon à enregistrer des éclairs distants de près de mille kilomètres. Lorsque l'orage est parvenu dans un rayon de 150 à 250 kilomètres, les ondes électriques arrivent avec beaucoup plus de facilité : c'est alors un bruit assourdissant produit par les chocs multipliés du décohéreur. A ce moment on met en circuit un cohéreur formé d'une seule baguette, avec un relai de 150 ohms. L'instrument n'enregistre plus désormais que les éclairs les plus violents.

En moyenne, le céraunographe signale les orages onze heures d'avance ; il en a signalé un vingt-neuf heures avant son arrivée. Les tracés (Pl. XIV, fig. 48) ont donné lieu à quantité de remarques intéressantes sur les éclairs ou les décharges électriques lentes, les premiers qui accompagnent les orages, les secondes qui précèdent les chutes de pluie ou de neige.

Le Père Odenbach emploie un fil de terre, mais, comme antenne collectrice, se sert simplement du motif de cuivre qui surmonte la tour de l'Observatoire.

Une chose curieuse, décelée par le céraunographe, c'est que, longtemps avant l'arrivée d'un orage, l'éther entre déjà en vibration ; dans ces conditions, en effet, une étincelle produite à proximité du cohéreur, et bien trop faible d'ordinaire pour l'influencer, le fait immédiatement entrer en activité. Le fait est à rapprocher de la sensibilité exagérée d'un cohéreur placé dans un champ magnétique.

Travaux. — En 1896-97, l'Observatoire de Cleveland a été l'une des stations choisies aux États-Unis par le *Weather Bureau*, pour l'étude générale des nuages, proposée par le Congrès International d'Upsal, en 1894.

Depuis, outre ses observations sur l'électricité atmosphérique, le Père Odenbach s'est employé à vérifier et à compléter *la loi des courants cycloniques aux différentes altitudes*, proposée, en 1877, par le Père Benoît Viñes, le

fondateur de l'Observatoire de la Havane. Il poursuit également des travaux intéressants de mesure sur la hauteur des nuages. La méthode qu'il emploie est originale et vaut la peine d'être signalée.

D'ordinaire, la hauteur des nuages se mesure pendant la journée, au moyen de deux observateurs qui, munis chacun d'un théodolite et placés aux deux extrémités d'une base de longueur connue, observent simultanément un nuage donné. Le Père Odenbach travaille la nuit, avec un seul théodolite et une base de 8 kilomètres. Voici dans quelles conditions. Au sud-est de l'Observatoire est une usine de fabrication d'acier. Un convertisseur Bessemer en activité projette la nuit, sur les nuages, une lueur intense. Quelquefois, cette lueur forme directement au-dessus du foyer une tache lumineuse bien délimitée ; à d'autres moments, il se produit sur le ciel une réflexion très régulière qui donne une image exacte de l'ouverture du foyer et des flammes qui en sortent. Deux conclusions à tirer : dans le premier cas, le nuage qui sert d'écran est situé directement au-dessus de l'usine ; dans le second cas, suivant les lois de l'optique, le nuage est exactement à la moitié de la distance qui sépare l'usine de l'observateur. Donc, connaissant cette distance, il suffit, dans les deux cas, de pointer le théodolite sur le nuage, de lire l'angle que cette direction fait avec l'horizontale et de résoudre, avec ces deux données, un triangle trigonométrique qui donne la hauteur cherchée.

L'Observatoire du Collège St-Ignace publie chaque année, à la fin de l'Annuaire du Collège, un Bulletin donnant les moyennes météorologiques mensuelles.

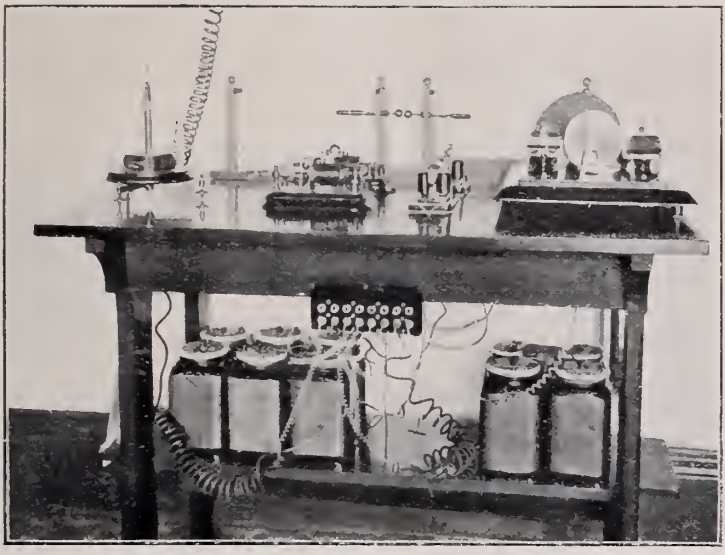


Fig. 47. — Céraunographe du Père Odenbach.

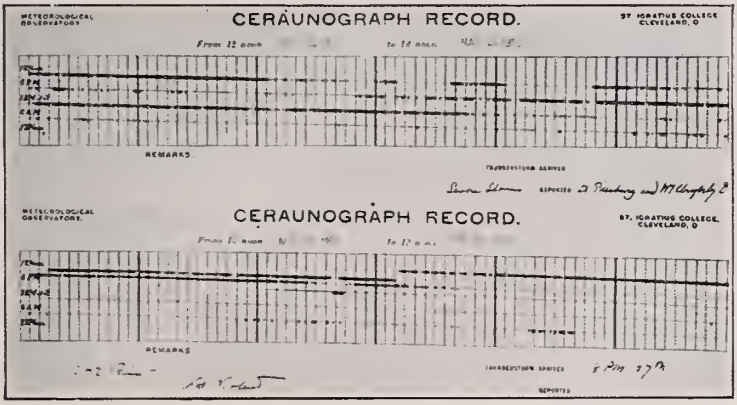


Fig. 48. — Tracés enregistrés par le Céraunographe.

OBSERVATOIRE CREIGHTON A OMAHA (1)

I

HISTORIQUE

L'Observatoire Creighton a une histoire intéressante : il constitue un bon exemple de ces fondations qui se créent, presque sans qu'on y pense, parce que leur utilité finit par s'imposer, et de ces observatoires dont les principaux instruments existent, avant que les quatre murs en soient construits.

Le Collège de la Compagnie de Jésus à Omaha, dans le Nebraska, au centre des États-Unis d'Amérique, fut fondé en 1877 ; il est dû en grande partie aux généreuses libéralités de M. John A. Creighton et se fait un devoir de reconnaissance de porter son nom. Il existait depuis six ans, lorsque le désir vint de le compléter en y installant des cabinets de physique et de chimie, à la hauteur des progrès modernes. Mis au courant de ces projets, M. Creighton signifia son intention de parfaire son œuvre, et mit à la disposition du Collège des sommes considérables. Chargé de l'achat des instruments, le Père A. Lambert s'en acquitta au mieux. Signalons seulement une lunette équatoriale de 12,5 centimètres, pourvue de son mouvement d'horlogerie et de six oculaires, un chronomètre et un théodolite de 17,5 centimètres. C'étaient des pièces dignes de figurer dans un Observatoire : nul pourtant n'avait la moindre idée d'en fonder un.

En 1885, le Père Joseph Rigge vint à Omaha comme professeur de sciences. La vue de l'équatorial le laissa

(1) Creighton University Observatory, Omaha (Nebraska). États-Unis d'Amérique.

rêveur : rouler cette masse dehors, à une certaine distance du Collège, puis y rajuster son mouvement d'horlogerie et faire ensuite tous les menus préparatifs d'une observation, c'était bien du temps perdu et bien des dangers courus par l'instrument. Si l'on voulait en tirer parti, il fallait lui construire un bâtiment spécial, avec coupole mobile, et l'y laisser à poste fixe. Cela s'imposait. Consulté sur cette question, M. Creighton offrit de faire les frais de la construction ; un autre généreux donateur, M. John A. Mac Shane, promit le mouvement d'horlogerie, le chronographe et l'équipement électrique. Sans plus tarder, les plans furent faits et, dès la fin de 1885, s'élevait à une centaine de mètres au nord du Collège un pavillon astronomique avec coupole; bientôt l'équatorial y était fixé sur un solide pilier.

En 1886, la *Howard Clock Company* de Boston installait l'horloge et le chronographe. Le Père Joseph Rigge était absent et ces derniers travaux furent faits sous la direction de son frère, le Père William Rigge.

L'équatorial installé, le Collège se dit qu'il fallait en profiter et que c'en serait faire un bon emploi que de donner l'heure exacte à la ville d'Omaha. Mais il fallait aussi, pour cela, avoir une horloge astronomique et une lunette de transit. M. Creighton promit de donner la lunette si le Collège bâtissait la salle méridienne. La salle fut immédiatement construite à l'est du dôme et reliée à lui par un corridor. Fauth et Cie, de Washington (D. C.), reçurent l'ordre d'exécuter une lunette de transit de 7,5 centimètres avec cercle méridien. L'instrument fut mis en place l'année suivante. Peu après, arrivait une horloge astronomique, et l'Observatoire de Creighton, désormais fondé, était relié télégraphiquement au Western Union Telegraph, de façon à recevoir chaque jour, de l'Observatoire Naval de Washington, les signaux donnant le temps vrai. Un des premiers usages que l'on fit de la ligne fut de déterminer électriquement la longitude de l'Observa-

toire de Creighton, au moyen d'un échange de signaux avec Washington.

Depuis lors, l'Observatoire a continué de vivre et de se perfectionner, en remplissant son double but : permettre aux élèves du Collège une instruction astronomique complète et pratique — pour plusieurs l'équatorial et la lunette méridienne n'avaient plus de secret — et offrir à l'occasion aux directeurs des moyens d'investigation scientifique. Des travaux intéressants y ont été faits à différentes reprises, comme nous allons le voir.

La direction en a été confiée successivement au Père Joseph Rigge, à différents Pères ou laïques, professeurs en même temps au Collège. Depuis 1896, le Père William Rigge s'en occupe avec zèle ; malheureusement, le mauvais état de ses yeux ne lui permet pas de faire toutes les délicates observations auxquelles ses connaissances techniques lui donneraient le droit de prétendre.

II

TECHNIQUE

Bâtiments et instruments. — L'Observatoire d'Omaha (Fig. 49) comprend deux salles reliées par un passage. Une tour en briques porte une coupole mobile, avec rainure de 45 centimètres de large, ouverte de la base au sommet. La coupole, à roulement, peut s'orienter dans toutes les directions. L'équatorial qu'elle abrite a 12,5 centimètres d'ouverture et 21 centimètres de distance focale ; son axe polaire peut s'incliner à toutes les latitudes. Plusieurs oculaires, un hélioscope le complètent. Il est signé de Steward.

La salle méridienne contient un excellent cercle avec lunette de 7,5 centimètres. Les micromètres permettent de

lire le dixième de seconde, aussi bien en ascension droite qu'en déclinaison.

Dans le passage qui relie les deux salles, une chambre, soigneusement construite de murailles épaisses et faites de matières isolantes, afin d'y conserver une température rigoureusement constante, contient l'horloge astronomique et l'horloge donnant le temps moyen solaire.

Fig. 49. — Observatoire Creighton.

L'Observatoire possède également un altazimut de Steward, un théodolite Gurley, un chronomètre Heinrich, un chronographe Fauth.

Travaux divers. — Nous avons parlé, dans une autre notice, des travaux auxquels le Père William Rigge a coopéré à l'Observatoire de Georgetown.

A Omaha même, il a observé, le 29 juillet 1897, une éclipse annulaire de soleil (Astronomical Journal, 24 août 1897). Envoyé en 1900 à Washington, en Géorgie, pour observer l'éclipse totale de soleil du 28 mai, il put noter l'heure exacte des quatre contacts, avec une rare précision (Technology Quarterly, septembre 1900).

Dans les Astronomische Nachrichten de mars 1896

et d'avril 1902, le Père William Rigge a exposé une méthode commode et originale de prévoir graphiquement les occultations au moyen d'un simple diagramme. Nous lui devons une série d'articles, dans POPULAR ASTRONOMY, sur les Jésuites astronomes et leurs observatoires, où nous avons à plusieurs reprises puisé d'intéressants documents.

Enfin le Père a publié, dans différents journaux locaux, des articles de vulgarisation scientifique, en nombre considérable.

Aussi n'est-ce point sans raison que M. W. E. Chandler, dans un discours devant le Sénat des États-Unis, en avril 1900, rangeait l'Observatoire Creighton au nombre des 61 observatoires principaux des États et que la Smithsonian Institution l'inscrit sur son catalogue universel des observatoires.

OBSERVATOIRE DE VALKENBERG (1)

I

HISTORIQUE

Bien qu'envoyant, depuis quelque temps, des observations météorologiques au Bureau central de Hollande, l'Observatoire de Valkenberg est absolument privé. Il a été fondé dans l'automne de 1896, au Collège St-Ignace, qui sert de maison d'études théologiques à de jeunes religieux de la Compagnie de Jésus. Le but principal que se proposaient ses fondateurs était l'observation des étoiles variables. On sait le renouveau qui a été donné à cette branche de

(1) Ignatius Collegium, Sternwarte, Valkenberg (Limburg-Hollande).

l'astronomie par le Père J. Hagen, directeur de l'Observatoire de Georgetown, aux États-Unis. Le Père Hagen a entrepris, en 1889, la publication d'un grand Atlas des Étoiles variables, aujourd'hui classique. Dans la préface de cet ouvrage, le Père mentionne l'active part de collaboration qui est due aux observateurs de Valkenberg. Ceux-ci furent successivement le Père Joseph Hisgen de 1897 à 1902, le Père Michel Esch de 1898 à 1902, le Père Alfred Baur de 1902 à aujourd'hui.

De 1897 à 1898, la direction de l'Observatoire de Valkenberg appartint au Père Hisgen ; depuis 1898 au Père Baur.

En juin 1901, on créait à Valkenberg une station météorologique, dont les résultats mensuels étaient centralisés au *Koninklijk Nederlandsch Instituut*. Depuis 1904, des observations régulières se font trois fois par jour pour les éléments habituels et sont transmises, au moins en partie, à l'Institut royal d'Utrecht.

Le Père Esch est, en ce moment, assistant du Père J. Fényi, à l'Observatoire de Kalocsa, en Hongrie.

II

TECHNIQUE

La coupole qui forme la partie la plus importante de l'Observatoire de Valkenberg, se trouve dans l'aile orientale du Collège St-Ignace (Fig. 50) et surmonte une tour d'une trentaine de mètres d'élévation. Pour assurer la stabilité nécessaire, l'aile est construite en maçonnerie massive et munie de contre-forts.

La coupole a cinq mètres de diamètre ; elle abrite un équatorial de 23 centimètres d'ouverture et de 290 centimètres de distance focale (Fig. 51). L'équipement parallactique est de Saegmüller (Fauth et Cie) de Washington,

l'objectif de Clacey. Les parties massives de l'instrument sont en bronze d'aluminium, les tubes en tôle mince ; aussi

Fig. 50. — Collège et Observatoire de Valkenberg.

la légèreté de l'ensemble constitue-t-elle une nouveauté fort appréciable.

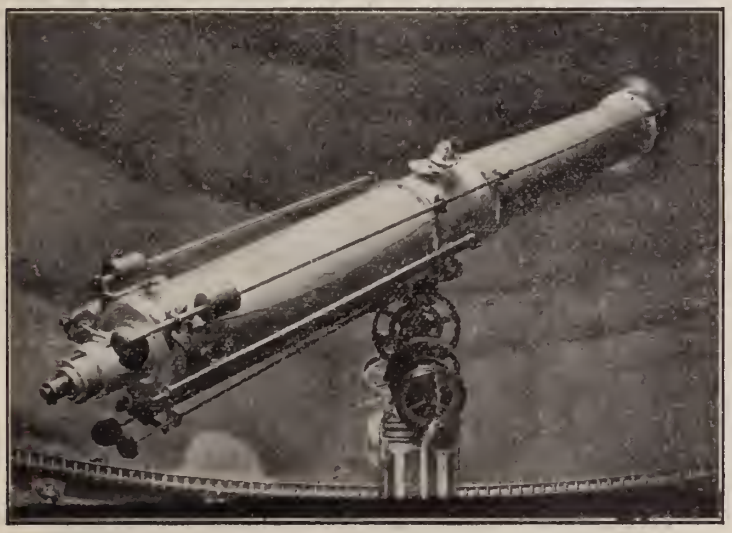


Fig. 51. — Observatoire de Valkenberg. Équatorial.

Deux cercles horaires et deux cercles de déclinaison, munis de verniers, permettent de trouver immédiatement

et sans hésitation un corps céleste de coordonnées connues. L'appareillage a été décrit par le Père Hagen dans la ZEITSCHRIFT FÜR INSTRUMENTENKUNDE d'avril 1894.

Le chercheur a 5,5 cm. d'ouverture, 20 cm. de distance focale et un champ de 9° de diamètre.

Cet équatorial a été à l'exposition de Chicago ; c'est probablement le premier de fabrication américaine qui ait été installé en Europe.

Valkenberg possède encore une lunette de 15,3 centimètres, signée de Flössl, de Vienne, avec mouvement alt-azimutal, et un théodolite de Breithaupt ; de plus, une horloge sidérale, chronographe à tambour et chronomètres, spectroscope, etc.

Quelques articles dans les ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN sont dus aux Pères Hisgen et Esch. Ce dernier prépare en ce moment la publication de ses observations.

Le Père Xavier Kügler, professeur de Mathématiques au Collège St-Ignace, a publié, dans ces dernières années, d'importants travaux sur l'astronomie des Assyriens, et différents journaux scientifiques en ont, à plusieurs reprises, donné de fort élogieux comptes rendus.

OBSERVATOIRE DE CARTUJA, GRENADE (1)

I

HISTORIQUE

L'Observatoire de Cartuja, près de Grenade, est l'un des plus récents des observatoires fondés par la Compagnie de Jésus (Fig. 52). Il a été construit en 1902 sous la direc-

(1) Observatorio de Cartuja, Grenade (Espagne).

tion du P. Jean Granero, et ses premiers bulletins datent du début de 1903.

Fig. 52. — Collège de Cartuja, Grenade.

Magnifiquement placé dans les montagnes et sous le ciel si pur de l'Andalousie, à 775 mètres d'altitude, cet Obser-

Fig. 53. — Observatoire de Cartuja.

vatoire comprend deux édifices en briques avec chaînes d'angle en pierres. Leur pur style dorique en fait des bâti-

ments fort élégants. Le principal se compose d'une pièce centrale et de quatre ailes (Fig. 53 et 54). La salle centrale, surmontée d'une coupole de 8 mètres de diamètre, contient un splendide équatorial et abrite provisoirement sur son pourtour les instruments sismographiques. L'aile de l'est contient la lunette méridienne ; celle du sud une salle de manipulations photographiques, un atelier mécanique, les chambres des observateurs, etc. L'aile ouest forme une seule salle où sont rassemblés tous les instruments de météorologie. Enfin l'aile nord sert de vestibule

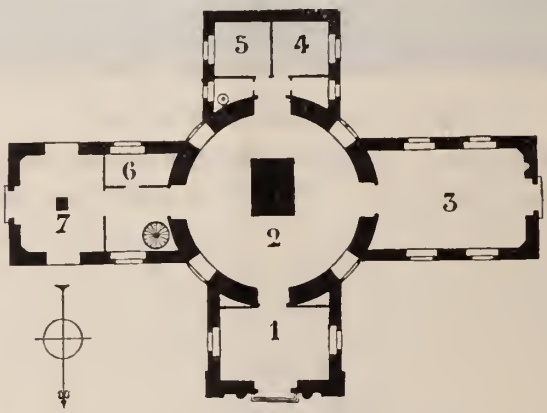


Fig. 54. — Plan de l'Observatoire de Cartuja.

1. Salle d'entrée. 2. Équatorial et sismographes. 3. Enregistreurs météorologiques. 4 et 5 Appartements 6. Laboratoire photographique. 7. Salle méridienne.

d'entrée. Aux quatre angles du bâtiment, des colonnettes supportent les girouettes et les anémomètres dont les indications se transmettent électriquement aux enregistreurs.

A gauche de l'édifice principal, une construction du même genre mais plus petite abrite, sous une coupole, un second équatorial et est aménagée pour les observations spectroscopiques.

L'Observatoire de Cartuja est absolument privé : il a été construit près du scolasticat de la Province de Tolède,

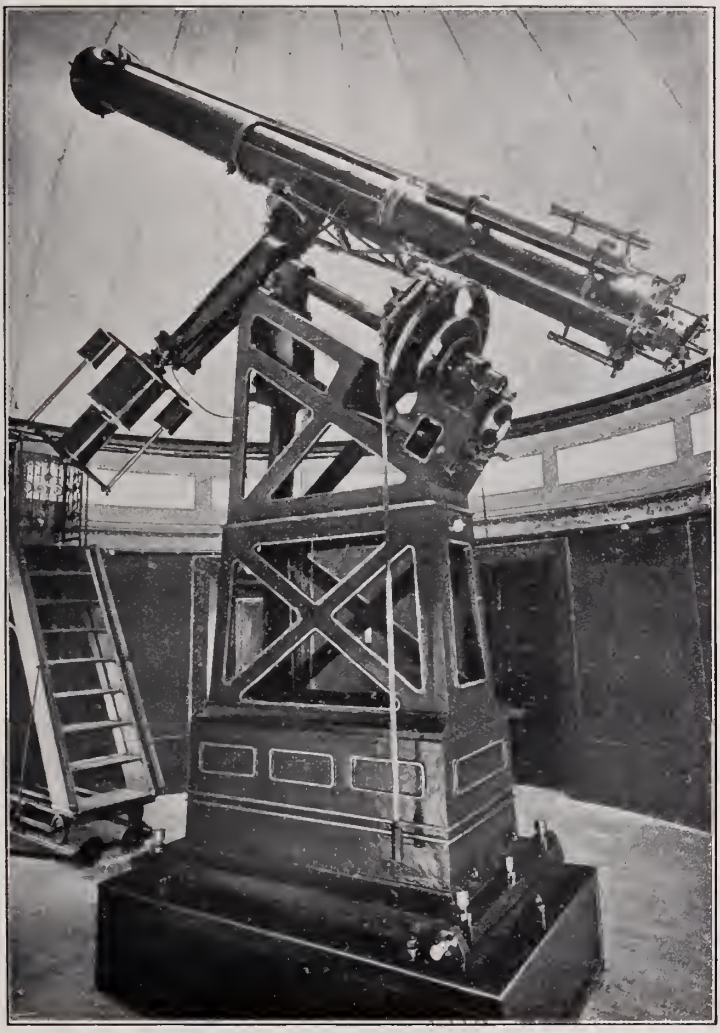


Fig. 55. — Observatoire de Cartuja. Equatorial.

afin de permettre aux jeunes religieux qui se préparent à l'enseignement de se perfectionner dans l'étude théorique et pratique des sciences exactes.

II

TECHNIQUE

Section astronomique. — La pièce la plus importante de cette section est un équatorial de $5^m,35$ de distance focale et de 32 cm. d'ouverture (Pl. XV, fig. 55). Un diaphragme-iris se manœuvrant de l'extérieur peut réduire cette ouverture à 2 cm. seulement ; c'est la première fois que ce dispositif est construit avec de semblables dimensions, et la précision de son fonctionnement fait honneur à M. Mailhat, de Paris.

Une autre amélioration a encore été introduite : la position du micromètre est, comme l'on sait, difficile à régler ; afin de n'avoir pas à l'enlever lorsqu'il n'est pas utile, on a fait adapter à l'équatorial, du côté de l'oculaire, un tube latéral, où un miroir à 45° renvoie les rayons venant de l'objectif, avant leur arrivée au micromètre (Fig. 56). A ce tube peuvent se fixer l'oculaire ordinaire et un spectroscope à 12 prismes. Le plus gros des deux chercheurs de l'équatorial a 109 millim. d'ouverture et on y peut ajuster un appareil photographique.

Signalons, en second lieu, un cercle méridien de Mailhat, sur le cercle vertical duquel deux microscopes à micromètres bifilaires permettent de lire directement les secondes, et un chronographe de Richard qui offre cette particularité que la même plume sert à pointer automatiquement sur le cylindre enregistreur et les secondes et les signaux envoyés électriquement par l'observateur.

Enfin l'Observatoire possède deux télescopes de 16 et 10 cm. d'ouverture, un bon théodolite, un altazimut

construit par Salmoiraghi, de Milan, un spectroscope à 12 prismes, à dispersion variable, construit par H. Grubb, de Dublin, et que l'on peut combiner avec un polyprisme d'Amici, un chronomètre Roskell, un héliostat Silbermann-Pellin, un cœlostat à miroir de 20,3 centimètres de diamètre, de Steward, etc.

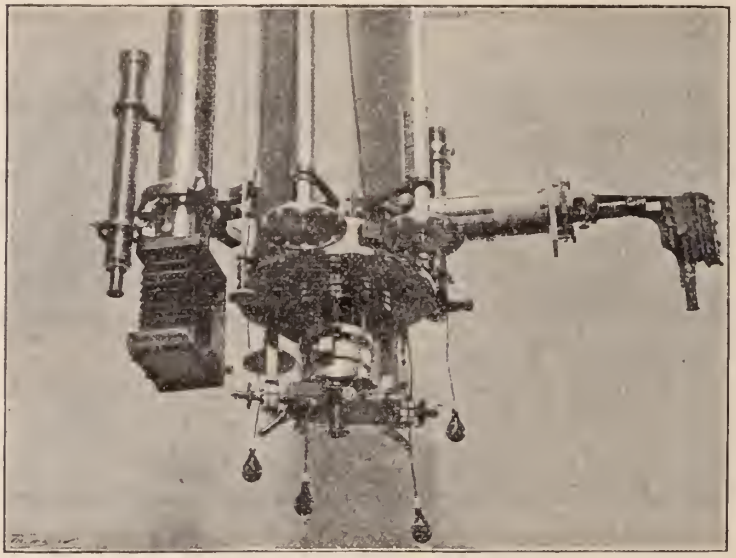


Fig. 56. — Observatoire de Cartuja. Équatorial. Partie oculaire.

Section météorologique. — Les instruments de cette section sont distribués les uns sur la terrasse du bâtiment principal, avec leurs enregistreurs, dans une salle intérieure, d'autres dans des abris situés dans le jardin. Ce sont les baromètres, dont un baromètre normal de 22 millimètres, avec cathétomètre donnant, à la lecture, le centième de millimètre, et un Fortin grand modèle ; des thermomètres, hygromètres des types classiques. Des thermomètres au dixième de degré donnent la température du sol à 10, 20 et 30 cm. de profondeur. Un anémo-cinémographe Richard enregistre la vitesse du vent et totalise les kilomètres parcourus. La direction et la vitesse des

nuages sont déterminées au moyen du néphoscope Finemann-Hildebrandsson. La quantité de pluie, l'évaporation, les heures de soleil sont également enregistrées.

Section géodynamique. — L'Observatoire étudie les mouvements du sol au moyen d'un microsismographe Vicentini, dont les trois pendules pèsent ensemble près de 400 kgr. Le Père Ramon Martinez a fait subir au système enregistreur de cet instrument une intéressante modification. On sait que les vibrations transmises au sismographe s'inscrivent au moyen d'une pointe légère sur une bande de papier enduite de noir de fumée. Dans le cas particulier, cette bande se déroule avec une vitesse de 15 millimètres par minute. Cette vitesse, suffisante pour différencier les courbes représentant des ondulations terrestres lentes et espacées, ne l'est plus quand ces ondulations sont rapides, et la lecture des graphiques surchargés et embrouillés devient très difficile. Voici comment le Père Martinez remédie à cet inconvénient. Un sismoscope auxiliaire, mis en branle par une onde terrestre de direction quelconque, ferme aussitôt un circuit électrique qui commande un moteur de vitesse supérieure à celle du moteur ordinaire entraînant la bande de papier. Celle-ci défile alors avec une rapidité considérable et les traits ne risquent plus de s'y superposer en partie. Au bout de quelques minutes, le moteur à grande vitesse s'arrête automatiquement et le papier reprend son mouvement lent. C'est une élégante conciliation d'économie et d'exactitude.

Bulletin. — Les Directeurs des différentes sections de l'Observatoire, le P. J. Mier pour l'astronomie, le P. R. Martinez pour la météorologie et la physique du globe, et leurs aides publient un Bulletin mensuel contenant des tableaux et un diaire météorologique détaillé, ainsi que des observations sismiques intéressantes. En même temps, on observe journellement la surface solaire, on multiplie les dessins et les photographies de la photosphère, et on poursuit l'étude spectrale des taches et des

protubérances. Nul doute que ce Bulletin et ces observations accumulées ne deviennent, avec le temps, une mine précieuse de documents.

OBSERVATOIRE DE CALCUTTA (1)

L'Observatoire du Collège St-François-Xavier, à Calcutta, est surtout un Observatoire d'astrophysique. Il fut fondé, en 1875, par le R. P. Lafont, recteur du collège, sur les instances de M. Tacchini, alors directeur de l'Observatoire de Palerme, dans le but de coopérer aux travaux du Père Secchi et des autres membres de la Société *degli Spettroscopisti italiani*. Le ciel du Bengale, toujours si pur pendant les mois d'hiver, devait permettre de faire sur le Soleil de précieuses observations, complétant celles faites en Europe.

Une coupole de 7 mètres de diamètre fut installée au-dessus du collège. En 1887, la construction d'un second étage obligea à la déplacer et elle fut transférée dans le jardin, en une position plus commode et plus isolée.

Les instruments principaux sont les suivants : un télescope de 22 cm. d'ouverture par Steinheil, de Munich ; un spectroscope réversible par Browning, de Londres, équivalent à 10 prismes de 60° ; un petit équatorial de 7,5 centimètres ; un petit instrument de passage ; enfin un cœlostat à double miroir par Gautier, de Paris.

D'intéressants travaux pourraient être exécutés avec ces instruments ; malheureusement il a été jusqu'ici impossible aux Supérieurs de la mission du Bengale, de fournir le personnel nécessaire à des observations suivies.

Sous la direction du Père de Clippeleir, quelques Pères du Collège de Calcutta et du Collège St-Joseph de Dar-

(1) St Francis-Xavier's College Observatory, Calcutta.

jeeling, ont observé successivement quatre éclipses de soleil, en ces dernières années : deux éclipses annulaires et deux totales. Une éclipse de chaque espèce a donné des résultats satisfaisants. L'éclipse totale de janvier 1898 a été observée à Dumraon ; les résultats en ont été publiés dans une plaquette de 104 pages, illustrée de 14 gravures. L'éclipse totale de 1901 a été observée à Padang, dans l'île de Sumatra ; mais les nuages ont empêché d'obtenir des résultats bien complets.

OBSERVATOIRE DE BULAWAYO (1)

Au mois de février 1897, le Père V. Nicot commençait une série d'observations météorologiques à Bulawayo, dans la Rhodesia. Il ne possédait, au début, que les instruments absolument indispensables ; les documents qu'il amassa attirèrent pourtant l'attention de la British South Africa Company. La puissante Compagnie avait déjà fondé plusieurs postes météorologiques dans la province de Rhodesia, notamment à Victoria et à Empandeni ; elle fut heureuse de favoriser une bonne volonté privée et, dès 1899, compléta l'équipement du Père Nicot. Les observations se poursuivirent dès lors à Bulawayo, suffisamment détaillées ; elles donnèrent lieu à des remarques intéressantes que le Père réunit, en 1900, dans un rapport lu devant la Rhodesian Scientific Association.

La question se posa bientôt de savoir si un observatoire complet n'aurait pas sa raison d'être à Bulawayo. La ville du Cap possédait, il est vrai, un fort bel observatoire astronomique ; Lovedale, à l'est de la colonie, avait également un poste ; mais l'atmosphère de la Rhodesia, si pure pendant une grande partie de l'année, la position de Bula-

(1) Observatory, Bulawayo, Rhodesia (South Africa).

wayo par rapport à l'équateur, semblaient militer en faveur d'une nouvelle station centrale. Avis pris, les Jésuites anglais, chargés de la mission du Zambèze, décidèrent, en 1902, la création d'un observatoire, modeste au début, mais que l'on s'efforcerait de compléter dans la suite.

On se mit à l'œuvre. La Chartered Company accorda plusieurs lots de terrain, dans les environs de la ville, en bonne situation ; elle fournit même généreusement une partie des fonds nécessaires aux constructions. Au mois de juin 1903, le directeur nommé de l'observatoire naissant, le Père E. Gœtz, arrivait à Bulawayo avec plusieurs caisses d'instruments qu'il s'occupa immédiatement d'installer. Au mois d'août suivant, un assez grand nombre fonctionnaient déjà, en dépit des difficultés inhérentes à semblable travail, en une ville éloignée des grands centres.

Le Père Gœtz s'était longuement préparé à sa tâche, à Paris d'abord, puis dans les Observatoires de Stonyhurst et de Georgetown ; confiant dans l'avenir, il se donna comme programme de poursuivre l'étude météorologique et magnétique de l'ouest de l'État de la Rhodesia, tout en coopérant, pour l'hémisphère sud, aux observations entreprises par le Père Hagen sur les étoiles variables.

Petit à petit, le Père Gœtz remplit ce triple programme. En 1904, au mois de décembre, il était envoyé en mission officielle pour relever les éléments magnétiques d'une partie de la Rhodesia ; dépouillant et classant les documents amassés depuis huit ans, il faisait, dans une série d'articles, une étude assez détaillée sur le climat du pays ; enfin il présentait à la Rhodesian Scientific Association un rapport sur les étoiles variables, indiquant le but poursuivi et les résultats déjà acquis.

L'équipement météorologique de Bulawayo comprend tous les instruments ordinaires, baromètres, thermomètres, pluviomètres, anémomètres, etc., en partie double : instruments à lecture directe et instruments enregistreurs. A

signaler en particulier un *sunshine-recorder* du Professeur Marvin qui donne des résultats intéressants.

L'équipement magnétique comprend deux appareils principaux, boussole d'inclinaison et magnétomètre unifilaire. Les observations sont faites régulièrement.

La Société Royale d'Astronomie de Londres a gracieusement prêté une lunette des passages ; le Père Gœtz dispose en outre d'une bonne pendule astronomique, de plusieurs chronomètres et d'un chronographe. Nous avons dit, dans la notice sur l'Observatoire de Georgetown que, grâce à la générosité d'une amie de la science, le Père aurait bientôt entre les mains un superbe équatorial, au moyen duquel il pourra poursuivre fructueusement ses observations sur les étoiles variables.

Ajoutons que les observations météorologiques faites à Bulawayo ne sont pas les seules dues à des Jésuites, dans l'Afrique du Sud. Depuis plusieurs années, le Père Lebœuf poursuit des observations à Salisbury, au nord de Bulawayo, et le Père Fényi a récemment publié des documents très complets, amassés de 1893 à 1897 par le Père L. Menyhárth, à Boroma et à Zumbo, dans la mission des Jésuites portugais (1).

OBSERVATOIRE DE FELDKIRCH (2)

Le Collège de *Stella matutina* à Feldkirch, dans le Vorarlberg (Tyrol autrichien), possède une station météorologique et quelques instruments astronomiques servant à l'enseignement.

La station météorologique existe depuis 1889 ; les observations usuelles y sont faites régulièrement, avec

(1) *Meteorologische Beobachtungen* von P. L. Menyhárth (Kalocsa, 1904. Im Selbstverlag der Sternwarte).

(2) Stella matutina Collegium, Feldkirch, Vorarlberg, Autriche.

les instruments ordinaires. Parallèlement à ces observations, d'autres étaient faites, depuis une cinquantaine d'années, dans une station météorologique officielle, par un professeur de l'État. Ces séries d'observations ont fourni au Père Joseph Paffrath les éléments de plusieurs publications sur le climat de Feldkirch et des contrées environnantes, de Chur à Bodensee.

A partir du mois de mai 1905, la station météorologique officielle a été transportée dans la maison que les Pères de la Compagnie de Jésus possèdent à Tisis, à un quart d'heure de Feldkirch ; les observations y seront faites régulièrement, et continueront à être collationnées et mises en ordre à Feldkirch.

Le collège possède un équatorial de 15 centimètres, de Merz, pourvu de plusieurs oculaires, d'un spectroscope et d'une pendule.

Au Père Joseph Kolberg (1832-1893), professeur de sciences physiques à Feldkirch, durant plusieurs années avant 1870, puis de 1876 à 1883, on doit un intéressant ouvrage : *Die Mechanik des Erdballs*, et des travaux très complets sur la géologie du Vorarlberg, que la mort l'empêcha malheureusement de parachever.

Le Père Richen, également professeur à Feldkirch, étudie spécialement la flore du Vorarlberg et de Lichtenstein.

OBSERVATOIRE DE GOZO (1)

L'Observatoire météorologique de Gozo commença à fonctionner en août 1882 ; il fut organisé sous la direction du Père Denza, Barnabite, et du Père Philippe Barello, de la Compagnie de Jésus. Jusqu'en 1903, les observations qu'on y recueillait parurent dans le Bulletin de

(1) Meteorological Observatory, The Seminary, Gozo (Malte).

l'Observatoire de Stonyhurst, auquel elles étaient transmises par le Père Scoles. A l'heure qu'il est, les moyennes mensuelles paraissent dans le principal journal anglais de Malte et dans le Bulletin de l'Observatoire de Turin.

Les observations sont faites deux fois par jour, à 9 h. du matin et à 9 h. du soir ; elles comprennent tous les phénomènes météorologiques ordinaires. Les principaux instruments sont un anémographe Denza, pluviomètre, évaporimètre, psychromètre à ventilateur, ozonomètre et baromètre. Un chronomètre à contact signale l'heure de midi les jours de fête, en produisant l'allumage d'un petit canon.

L'Observatoire est situé à 111 m. d'altitude. Le directeur actuel est le Père F. Longhitano. Il est à regretter que le manque de ressources ne lui permette pas d'étendre ses observations, utiles pour l'étude des dépressions de la Méditerranée.

OBSERVATOIRE DE LOUVAIN (1)

Cet observatoire, complètement privé, n'est pas un observatoire de recherches, mais un observatoire destiné à l'instruction technique d'un certain nombre de jeunes religieux de la Compagnie de Jésus.

Il comprend une salle méridienne, avec lunette de passage de 7,5 cm. d'ouverture ; une coupole mobile avec équatorial de 15 cm. ; un équatorial portatif de 10 cm., un petit télescope à réflexion, une horloge sidérale, et un certain nombre d'instruments accessoires : spectroscopes, théodolites, etc.

Aucune observation météorologique n'y est faite.

(1) Rue des Récollets, 11, Louvain, Belgique.

OBSERVATOIRE DE MONDRAGONE (1)

L'*Osservatorio meteorologico Tuscolano* est situé à 435 m. au-dessus du niveau de la mer, à l'angle nord-ouest de l'ancienne Villa Borghèse, devenue le Collège de Mondragone, dans la délicieuse campagne de Frascati.

La première idée de cet Observatoire est due au Père Secchi qui, dès longtemps, en avait deviné l'utilité. Il écrivait dans le numéro d'octobre 1876 du Bulletin de l'Observatoire du Collège Romain : « Si aux stations de Montecavo et de Grottaferrata peuvent s'en ajouter d'autres à Velletri... et à Mondragone, le climat des collines du Latium sera suffisamment étudié ; cette région est importante à connaître au point de vue scientifique, aussi bien qu'au point de vue de l'agriculture et de l'hygiène, car elle est le centre principal de la production de la vigne et des céréales, et le lieu de villégiature préféré des Romains pendant la saison malsaine d'été. »

La mort empêcha le Père Secchi d'exécuter son projet. Le Père Félix Ciampi (1826-1889), ancien directeur de l'Observatoire de Belen, à la Havane, et assistant de Secchi à l'Observatoire du Collège Romain, fonda la station météorologique de Mondragone, en 1880, et en fit l'une des plus importantes de l'Italie. Par ses soins, les observations se poursuivirent activement pendant près de neuf ans ; elles étaient adressées à tous les observatoires italiens, qui envoyaient en échange leurs bulletins.

A la mort du Père Ciampi, l'Observatoire de Mondragone eut à subir quelques années de crise et fut presque abandonné. Il a repris heureusement son fonctionnement régulier : on y fait quatre observations quotidiennes ; les valeurs enregistrées sont envoyées au Bureau

(1) Osservatorio Tuscolano, Frascati, Italie.

Central de Rome et à l'Observatoire central de la Société Météorologique Italienne, à Moncalieri. Le Père V. Bovini est chargé, à l'heure qu'il est, de recueillir ces observations.

L'*Osservatorio Tuscolano* possède un équipement très complet. A 31 m. au-dessus du sol fonctionnent une girouette et un anémomètre Robinson, tous deux à contacts électriques. Auprès est installé un héliographe, le premier adopté en Italie ; plus bas est un pluviomètre. Le baromètre en usage depuis le début est un instrument du type Fortin, construit par Deleuil ; il a été acheté par le Père Secchi lui-même et c'est l'un des bien rares souvenirs qu'il ait pu, à sa mort, laisser à ses frères ; aussi le conserve-t-on comme une relique.

Signalons encore quatre excellents thermomètres, dont l'un étalonné à Paris, des thermomètres à maxima et minima, deux psychromètres, un actinomètre d'Arago, un néphoscope de Braun, un évaporomètre à vis micrométrique ; puis deux anéroïdes, un barographe, un thermographe, un psychrographe et un sismographe. Pluie et mouvements sismiques, direction et vitesse du vent sont inscrits avec l'heure des phénomènes sur un même tambour enregistreur. Enfin un ozonomètre permet de doser l'ozone que renferme en si grande proportion l'air délicieux de Frascati.

L'abri des instruments, à doubles persiennes, a été si bien établi, au point de vue de la circulation d'air, qu'un ventilateur, placé devant le psychromètre, n'en fait pas sensiblement varier les indications.

OBSERVATOIRE DE OUDENBOSCH (1)

Les Pères de la Compagnie de Jésus possèdent à Oudenbosch (Fig. 57), en Hollande, une station météoro-

(1) Kerkstraat, A. 14, Oudenbosch, Hollande.

logique. Les observations ordinaires y sont faites trois fois par jour et envoyées à l'Observatoire central des Pays-Bas qui les insère dans son bulletin mensuel.

Fig. 57. — Collège et Observatoire de Oudenbosch.

Un petit équatorial, de 8 centimètres d'ouverture, forme le début d'un observatoire astronomique que les Pères se proposent d'organiser plus tard.

Le Père Stein a fait à Leyde, en 1899-1900, des observations suivies sur les variations de latitude, et les a publiées à Haarlem en 1901.

OBSERVATOIRE DE ROME (1)

Ce serait sortir des limites que nous nous sommes fixées que de faire ici l'historique de l'Observatoire du

(1) Borgo San Spirito, 12, Rome.

Collège Romain. Rappelons-en simplement les principales étapes.

Illustré par des hommes comme les Pères Scheiner, de Gottignies, Boscovich, l'Observatoire, lors de la suppression de la Compagnie de Jésus, passe aux mains d'un prêtre séculier, Joseph Calandrelli. En 1824, le Pape Léon XII le rend à ses fondateurs ; sous le Père de Vico, l'Observatoire a, pendant quelques années, un renouveau de gloire. En 1848, les Jésuites sont chassés de Rome. Ils y rentrent en 1849, et le Père Secchi reste à la tête de l'Observatoire jusqu'à sa mort. Mais, dès 1870, l'Observatoire du Collège Romain, confisqué par le gouvernement italien, est devenu l'Observatoire Royal.

A l'heure qu'il est, un petit Observatoire, complètement privé, est annexé à l'Université Grégorienne. Il est situé « sul Gianicolo » ; le Père Adolphe Müller, professeur d'astronomie à l'Université, en est le directeur. Il a à sa disposition deux bonnes lunettes de Merz montées équatorialement, l'une de 27 centimètres, l'autre de 10 centimètres d'ouverture.

La situation très incommode de l'Observatoire, les ressources à peu près nulles dont il dispose, servent surtout à mettre en relief la luxueuse installation et le nombreux personnel des trois autres observatoires de Rome.

On doit au Père Müller différents travaux sur Képler et Copernic, sur la planète Vénus, etc., et un beau Traité d'astronomie.

OBSERVATOIRE DE SALTILLO (1)

Le Collège de St-Jean Népomucène, à Saltillo, dans la province de Coahuila, au Mexique, fait, depuis juillet

(1) Colegio de S. Juan Nepomuceno, Saltillo, Coah., Mexique.

1884, des observations météorologiques. Les premières sont dues au Père Henri Cappelletti ; elles ne furent pas publiées, à cause des différentes interruptions qu'elles subirent. En 1886, le Père P. Spina commença des observations régulières, publiées depuis dans des bulletins annuels, avec l'aide du gouvernement de l'État de Coahuila. Remplacé en 1890 par le Père Cappelletti, puis par les Pères Gustave Hérédia, Paul Louet, Henri Tavernier, Urbain Pautard et Michel Kubicza, le Père Spina est de nouveau, aujourd'hui, chargé des observations.

Les instruments sont ceux d'une station météorologique ordinaire.

Le Père Cappelletti a publié un traité de Cosmographie et un mémoire sur le crépuscule. Le Père Spina, outre plusieurs ouvrages de mathématiques pures, a publié divers mémoires sur la climatologie du Mexique.

OBSERVATOIRE DE SANTA-CLARA (1)

Le Collège de Santa-Clara, en Californie, possède un Observatoire astronomique et météorologique qui s'organise peu à peu. Le directeur en est le Père Jérôme Ricard.

A la fin de 1895, un équatorial de 20 centimètres fut offert au Collège ; faute de local approprié pour l'installer, l'instrument resta sans usage jusqu'en 1900 ; il fut alors placé sur un bâti commode et protégé par un hangar roulant sur rails, que l'on peut déplacer à volonté. L'objectif est de Clark aîné, sa monture de Fauth et Cie, de Washington ; l'éclairage des cercles et réticules se fait électriquement.

A l'équatorial sont venus se joindre successivement un télescope de 10 centimètres, une pendule astronomique

(1) Santa Clara College, Santa Clara, California, États-Unis.

de Saegmüller, un micromètre de position du même constructeur. Dernièrement, le Père Ricard a équipé une station météorologique, en relation avec le *Weather Bureau* de San-Francisco. Elle comprend baromètres et barographes, thermomètres et thermographes, un météorographe, anémomètre et néphoscope.

L'Observatoire a déjà rendu des services au Collège de Santa-Clara, et un journal local publie ses bulletins quotidiens. Il est à souhaiter qu'un bâtiment sérieux permette bientôt d'employer les instruments qu'il possède à des observations régulières.

PIERRE DE VREGILLE, S. J.

VARIÉTÉS

I

CURIOSITÉS MÉDICALES

Je dois m'excuser auprès des lecteurs de cette Revue de les distraire des travaux de science pure dont ils aiment à se repaître. Les quelques notes qui vont suivre n'ont rien de bien scientifique; elles sont plutôt d'ordre professionnel.

Et cependant elles ne manquent pas d'intérêt. Elles soulèvent un coin du voile qui cache l'état de la science médicale au moyen âge et même de nos jours. Certes il ne faut pas prendre à la lettre tout ce qu'ont écrit les auteurs que nous allons citer. Mais, en lisant entre les lignes et en faisant la part de l'état d'âme de certains d'entre eux, il est assez facile et certainement permis de pressentir ce que nos citations renferment de vrai et de fondé. A ce titre, nous avons cru que ce petit travail ne serait pas déplacé dans la Revue des Questions scientifiques.

La visite du médecin au moyen âge. — Pour se faire une idée des mœurs médicales au moyen âge, il suffit de lire un petit manuscrit, sorti de l'école de Salerne, qui parut probablement au XIIe siècle. Il est intitulé : *De adventu medici ad ægrotum.* Il était évidemment destiné à servir de guide au jeune médecin pour la pratique ordinaire.

Cet écrit est charmant de vérité et de finesse. En le lisant, on sent qu'on y trouve un tableau fidèle de la vie de ce temps-là. Il y règne une aimable naïveté et une foi vive, jointes à une grande connaissance des hommes. On y trouve des règles pleines de tact pour la conduite du médecin, mais aussi une recherche assez raffinée de l'intérêt personnel. Telle devait être la conduite des meilleurs médecins de cette époque, puisque tel était l'ensei-

guement de la célèbre école de Salerne à la période la plus florissante de son existence.

Voici comment débute ce manuscrit :

" Lorsque tu seras appelé près d'un malade, ô médecin, implore d'abord l'aide du Tout-Puissant. Que l'ange, qui accompagna Tobie, accompagne aussi ton esprit et ton corps!

„ Tâche de savoir du messager, qui est venu t'appeler, si la maladie est grave, à quel organe elle s'est attaquée et comment la maladie a commencé. Tout cela te sera utile, pour que, arrivé près du malade, tu sois déjà guidé dans tes recherches, et que tu puisses immédiatement lui parler, en les nommant, des souffrances qu'il éprouve ; tu gagneras ainsi sa confiance et il te regardera dès lors comme un sauveur qui va lui apporter sa guérison.

„ Quand tu seras arrivé à la demeure, demande, avant d'approcher du malade, s'il s'est confessé. S'il ne l'a pas fait, qu'il le fasse immédiatement ou du moins qu'il promette de le faire ; car si tu n'en parles qu'après l'avoir examiné, il aura déjà un triste pressentiment et croira que tu juges son état désespéré.

„ En arrivant près du malade, évite de paraître hautain, ni intéressé; rends avec modestie le salut que te feront les parents et assieds-toi si on t'y invite...

„ Te voilà près du malade ; demande-lui comment il se trouve. Ensuite fais-lui avancer le bras et tâte le pouls; mais prends soin d'abord que le malade soit calme; car bien des malades ont les battements du cœur précipités, les uns par la joie de ton arrivée, d'autres, plus avares, par la pensée des honoraires que tu réclameras. Soutiens le bras de la main, fais attention que le malade ne repose pas sur le côté gauche et compte le pouls au moins jusque cent. Examine l'état du pouls avec soin et longtemps; car les personnes présentes t'écouteront avec d'autant plus d'attention que tu auras attendu plus longtemps avant de parler...

„ Alors promets au malade qu'avec l'aide de Dieu tu le guériras. Mais, dès que tu l'auras quitté, dis aux parents que le cas est très grave; de cette manière, s'il guérit, ton mérite n'en sera que plus grand; et s'il meurt, les parents seront convaincus que tu as prévu dès le début une terminaison fâcheuse...

„ Que ta conversation soit aimable, que ta manière d'être soit honorable et que ta confiance se place en Dieu seul. Si les maîtres de la maison t'invitent à dîner, ne t'y rends pas avec un empressement exagéré; et ne prends pas la première place, bien que,

d'après l'usage, la première place revienne aux prêtres et aux médecins...

„ Pendant le dîner, informe-toi souvent de l'état du malade; sa confiance en toi ne fera que grandir, s'il apprend que tu ne l'oublies pas au milieu des plaisirs de la table. Quand le repas est terminé, vante l'excellence des mets et des boissons, le malade en éprouvera un grand contentement...

„ Et alors, si l'état du malade est satisfaisant, amène-le doucement à te payer. Enfin, je te conseille, en vue d'augmenter ta clientèle, de tâcher de gagner les bonnes grâces des amis du malade; parle-leur de toi et de tes cures, autant que cela te paraît utile. Cela fait, prends congé en faisant des recommandations prudentes et convenables; enfin va en paix et que le Seigneur t'accompagne ! „

Cette conduite du médecin au lit du malade, telle qu'elle est conseillée par l'école de Salerne, n'est peut-être pas tout à fait de notre goût, et cependant que de choses vraies on y trouve! Que de remarques applicables à notre époque! La politique médicale est aussi ancienne que la médecine elle-même, et les praticiens de nos jours ne peuvent pas plus la négliger que notre vieux maître Hippocrate et ses fidèles disciples de Salerne.

Remarquons, par exemple, les conseils minutieux et judicieux qui sont donnés pour que le médecin cherche à gagner la confiance de son malade. N'y a-t-il pas là une prescience de l'importance de la suggestion, dont l'efficacité thérapeutique a été si bien établie de nos jours? Il n'est pas un praticien, un peu expérimenté et un peu observateur, qui n'ait acquis la conviction que son influence morale était souvent plus utile que l'administration de ses médicaments les plus actifs.

Un détracteur de la médecine au moyen âge. — Il est passé de mode de se gausser de la médecine et des médecins. Ce n'est pas une mode nouvelle; déjà au moyen âge on aimait à plaisanter cette profession, qui y prêtait alors plus qu'à notre époque. Nous n'en voulons pour preuve qu'un écrit du célèbre Pétrarque, sous le titre significatif de *Contra medicum quemdam invectivæ.*

Le talent d'observation du poète, sa connaissance des hommes, la multiplicité de ses relations et ses nombreux rapports avec les médecins du XIVe siècle le mettaient à même de juger des défauts de la science médicale et de la conduite des praticiens. Il avait observé les faits et gestes des médecins à la cour des rois comme à celle des papes, près des grands et des riches,

dans le tumulte des grandes villes comme dans la vie tranquille des champs.

Ce n'est pas l'art de guérir en lui-même qu'il méprise. “ Je ne doute pas, dit-il, que la médecine existe et qu'elle soit quelque chose de grand, puisqu'elle a été donnée par Dieu dans les saintes Écritures et qu'elle a été consacrée aux dieux par les païens. Si elle était toute erreur, elle n'aurait pas été acceptée par tant d'intelligences d'élite. J'aime la vraie et utile médecine, mais je déteste les mensonges des médecins ou de ceux qui se disent à tort médecins. Lorsque je mets à nu des abus qui ont détruit l'ancienne renommée de l'art de guérir, la médecine, si elle pouvait parler, me remercierait avec effusion. „

Il attaque surtout la suffisance et l'ostentation avec lesquelles les médecins se livrent à des discussions théoriques et à des subtilités jusqu'au lit du malade. “ C'est là, dit-il, le malheur de notre époque. Autrefois on se guérissait sans raisonner beaucoup. Aujourd'hui on se borne à des déductions artificielles et, au lieu de traiter le malade, on lui bourre les oreilles de syllogismes ; des milliers de malades sont morts, pendant que les médecins discutaient et péroraient. Aujourd'hui les médecins ne savent plus se parler sans se disputer, et comme ils n'ont appris ni à discuter ni à se taire, ils crient au plus fort, s'échauffent, se mettent en colère et s'injurient, sans aucun profit pour le malade. Ils ont oublié que la médecine, comme le disait Virgile, portait autrefois le nom d'art muet (muta ars). „

Il vante les traditions grecques en médecine et il a Hippocrate en grand honneur; il parle avec d'autant plus de mépris de l'élément arabe qui s'était introduit de son temps en médecine. “ Les médecins arabes, dit-il, ont détruit toute la médecine classique et leurs doctrines ne sont que mensongères. „ Et il appelle les malades traités d'après cette méthode *peregrinis medicamentis infectos.*

Il reproche aux médecins de ne pas savoir se traiter eux-mêmes : “ Au contraire, écrit-il, ils sont plus souvent malades que les autres, et leur figure pâle et amaigrie dit ouvertement qu'ils ne se connaissent pas en médecine ; et ne voit-on pas les médecins les plus célèbres, auxquels on ne peut reprocher de l'ignorance, mourir trop souvent à la fleur de l'âge? „

Il méprise les règles de la diététique. D'une constitution robuste et doué d'un excellent appareil digestif, il se fâchait quand ses amis médecins l'exhortaient à vivre d'une manière sobre et régulière. “ La diététique, dit-il, est devenue une véri-

table tyrannie, que les médecins veulent vous imposer aussi bien en santé qu'en maladie! Sachez donc que les Romains ont pu vivre pendant cinq siècles sans aucune règle de diététique et cependant se bien porter. Maintenant un homme comme il faut n'oserait plus tousser, ni cracher, sans la permission du médecin; et cependant on n'en vit ni mieux ni plus longtemps. Les médecins prescrivent des règles qu'ils sont les premiers à enfreindre. Et s'ils sont parfois invités à votre table, ils auront soin de vous permettre ce qu'ils aiment, de vous défendre ce qu'ils ne goûtent pas.

„ On en connaît bien de ces médecins célèbres qui enseignent de telle manière et qui dînent tout autrement *(aliter docentes, aliter prandentes)*. Eux qui vous recommandent d'abréger les repas, ils se remplissent le ventre de bonne heure, mangent et boivent jusque bien avant dans la nuit. Celui qui voudrait suivre toutes les prescriptions hygiéniques des médecins ne se porterait jamais bien, et évidemment, si ces règles ne conviennent pas aux personnes bien portantes, elles conviendront encore moins aux malades.

„ Les médecins ont le privilège unique de n'être punis pour aucune de leurs fautes. La terre couvre les fautes des médecins, comme le disait Socrate, et l'art de guérir est la profession la plus rassurante ; car dans toutes les autres, les fautes les plus minimes causent du préjudice à celui qui les commet ; chez le médecin, au contraire, ses fautes lui sont même payées. Il n'y a pas de roi ni d'empereur qui ait un pouvoir pareil. „

Les misères du médecin. — Parmi tous les déboires qui attendent le médecin dans l'exercice de sa profession, il en est qui sont plus pénibles que d'autres; tels, par exemple, les préjugés et les erreurs qui sont répandus dans le public; telles encore les incertitudes et les difficultés de l'art de guérir.

Au moyen âge déjà les praticiens s'en plaignaient, ainsi que le prouvent les doléances d'un célèbre médecin arabe, connu sous le nom de Rhazès, qui vivait à Bagdad au commencement du xe siècle.

“ Une des choses qui font le plus de tort aux médecins sérieux, écrit-il, c'est le préjugé que le médecin doit tout savoir, sans avoir même interrogé le malade. Du moment qu'il a vu les urines ou tâté le pouls, il doit aussi savoir ce que le malade a mangé ou fait. Cela n'est que mensonge et duperie, et ne réussit que par des artifices, des cadeaux, des questions indirectes et adroites, par lesquels on trompe le public. Certains médecins

paient même des hommes ou des femmes, qui sont chargés de les informer de l'état du malade, et cela en interrogeant les domestiques, les voisins, les amis...

„ Moi-même, continue Rhazès, quand je débutai dans la pratique médicale, j'avais soin de ne rien demander dès que j'avais vu les urines, et j'étais fort estimé. Plus tard, quand j'interrogeais le malade avec soin, ma réputation diminua notablement...

„ La confiance du malade en son médecin, même en cas de guérison, est aussi diminuée par l'absence d'égards. Le public exige que l'on soit guéri en un moment, comme par enchantement, ou bien qu'on ne prescrive que des remèdes agréables, etc., ce qui n'est pas possible dans toute circonstance, ni pour tout malade. Punir le médecin à cause des défauts de la science est une grande injustice. Les charlatans, eux, réussissent très bien, même quand ils traitent d'une manière absurde, et leur honteux métier suffit pour leur subsistance, tandis que le médecin sérieux ne se procure qu'à grand'peine les choses les plus nécessaires à la vie.

„ D'autres fois un malade vous arrive avec empressement une ou deux fois; vous lui prescrivez quelque chose, vous l'interrogez, puis vous ne le voyez plus, ou vous ne le rencontrez que lorsque vous n'avez pas l'occasion de lui parler, tandis que le médecin a besoin de la persévérance de son malade. „

Rhazès expose également les difficultés de la position des médecins auprès des princes et des souverains. Il parle par expérience, car ses talents et son habileté lui avaient valu la place de médecin du Calife.

“ Ce qui diminue encore l'efficacité de la médecine, écrit-il, c'est la répulsion qu'éprouvent même de bons médecins pour un traitement énergique, de sorte qu'ils abandonnent la médication et le régime habituellement prescrits, surtout s'ils traitent un roi ou un homme célèbre, qui serait atteint d'une maladie grave ou d'une affection intime plus ou moins douteuse, sur le traitement de laquelle les médecins ne sont pas d'accord. Alors le praticien évite les remèdes énergiques ou même toute médication et se borne à prescrire certains aliments, afin d'éviter la colère du roi et la fureur du peuple... Ces circonstances sont vraiment fâcheuses pour les rois et les princes, qui profiteront moins de la science des plus grands médecins que le vulgaire et le plus infime de leurs sujets...

„ J'en conclus qu'il est très utile à un roi ou à un prince de ne pas inquiéter son médecin, de le satisfaire au contraire, de

parler souvent avec lui, de lui rendre service, de lui témoigner une grande affection et de lui laisser entendre qu'il ne sera jamais rendu responsable de la fâcheuse terminaison d'une maladie incurable et qu'il ne sera même pas puni pour une erreur ou une méprise. Grâce à cette assurance, le médecin apprendra à connaître les habitudes les plus secrètes de son client et il n'aura plus aucune des inquiétudes ou des craintes qui pourraient affaiblir son intelligence et troubler son jugement. „

Le maître, au service duquel Rhazès était attaché, ne paraît pas avoir tenu compte des conseils de son médecin, s'il faut en croire le fait rapporté par la tradition. On raconte que le calife Al Manzour accepta la dédicace d'un livre écrit par Rhazès, à condition de voir répéter devant lui les expériences alchimiques mentionnées dans l'ouvrage. L'auteur aurait vainement essayé d'y réussir et le calife, furieux, aurait ordonné de frapper avec le livre sur la tête du pauvre savant aussi longtemps qu'un feuillet resterait attaché au volume. Le malheureux Rhazès serait devenu aveugle à la suite de cet humiliant châtiment.

Ce n'est pas seulement au moyen âge que les médecins se plaignent des misères de leur profession. Il y a trois ans parut un livre, qui fit grand bruit en Russie et ailleurs : *les Mémoires d'un médecin,* écrits par le Dr Veressaïef. Il est assez piquant de le parcourir après avoir lu les pages de Rhazès.

Dès l'Université, l'auteur a des doutes sur la valeur de la médecine : “ A côté de cette médecine tant vantée, qui guérit et ressuscite, j'en découvrais sans cesse une autre, impuissante celle-là, sans force, commettant des erreurs, se livrant au mensonge, se faisant fort de soigner des maladies qu'elle ne pouvait pas déterminer, et déterminant avec précision des maladies qu'elle savait ne pas pouvoir guérir. „ Et plus loin : “ Dans le traitement des maladies, ce qui m'étonnait surtout, c'était l'équilibre instable et l'indécision de la science, la grande quantité de remèdes proposés pour chaque maladie, et, à côté de cela, le peu de foi accordée à ces remèdes. „

Cependant la suite de ses études modifia cette première impression : “ Lorsque j'avais commencé à étudier la médecine, j'en attendais *tout*; après avoir vu qu'on ne pouvait tout lui demander, j'avais conclu qu'elle ne pouvait *rien*; et maintenant je voyais qu'elle pouvait *beaucoup;* et ce “ beaucoup „ me remplissait de confiance et de respect pour la même science que je méprisais du fond de l'âme si peu de temps auparavant. „

Le voilà maintenant en face des difficultés de la pratique

médicale. Il se trouve immédiatement embarrassé par le choix des médicaments innombrables qui sont à sa disposition : “ Un tableau poignant se déroulait devant moi ; chaque numéro de chaque journal médical contenait l'annonce de dizaines et de dizaines de nouveaux procédés. Chaque semaine, chaque mois, c'était comme une sorte de courant immense et redoutable, dont l'éclat éblouissait et étourdissait. Et, à côté des nouveaux médicaments, des nouvelles doses, des nouvelles applications, des nouvelles opérations, il y avait toujours par centaines et par centaines d'autres vies perdues. „

Aussi ses anxiétés grandissent. “ Ma situation de médecin, dit-il, devint ainsi très étrange. Mon désir sincère est de ne pas nuire au malade qui réclame mes soins. C'est là un principe si élémentaire et si indiscutable qu'on ne peut le méconnaître. Mais, si je l'adopte systématiquement, je me condamne à l'impuissance, à l'arrêt absolu de toute amélioration. L'homme vivant me barre toutes les routes ; partout où je le vois, je recule. Ainsi ma tranquillité d'âme est sauvegardée, mais le problème n'en reste pas moins sans solution. „

Très sévères, mais très justes sont les pages où l'auteur flétrit l'expérimentation que certains médecins se permettent de faire sur les malades.

“ N'est-il pas temps pour les médecins de s'entendre afin de s'opposer à de telles expériences, quelque instructives qu'elles soient par elles-mêmes ?

„ Oui, il en est temps, grand temps ! Mais il est temps aussi, pour la société, de cesser d'attendre le moment où les médecins sortiront de leur apathie. Il faut qu'elle prenne elle-même les mesures nécessaires pour protéger ses membres contre ces zélateurs de la science, qui oublient vraiment un peu trop la différence qu'il y a entre un homme et un cochon d'Inde. „

Le médecin russe vient à se demander quelles sont actuellement les ressources de l'art de guérir. Après avoir exposé toutes les obscurités de la pathologie, toutes les difficultés de la science du diagnostic, il examine la valeur de la thérapeutique. “ Quelle garantie la science me donnera-t-elle de l'efficacité des remèdes qu'elle préconise ? La cause des effets de la majorité de ces remèdes nous est à peine connue. Ce n'est que d'une façon empirique, par des observations cliniques, que la science établit la manière de les employer. Mais nous savons déjà combien ces observations sont sujettes à l'erreur...

„ Au travail déjà infiniment complexe et mystérieux qui s'ac-

complit dans un organisme malade, s'ajoutent des milliers d'influences, celles des innombrables formes de l'activité de la maladie et du milieu ambiant, celles de la multitude des réactions provenant des forces combatives, et la mille et unième influence sera celle du remède ! Comment déterminer ce qu'elle sera, parmi tant d'autres diverses ? „

On comprend ce que le Dr Veressaïef a dû souffrir en se voyant obligé de pratiquer un art dans lequel il avait si peu de confiance. Cependant le raisonnement l'empêche de tomber dans un découragement absolu. “ Déjà, dès maintenant, si imparfaite qu'elle soit, la science a acquis de sérieux avantages, qui augmentent chaque année. Le patrimoine est entre nos mains. Et dans tous les domaines de la médecine, nous pouvons être utiles et travailler beaucoup. „

L'auteur se plaint, comme Rhazès, de la pauvre opinion que le profane a de la médecine. “ Dans le public, écrit-il, règne une forte méfiance à l'endroit de la médecine et des médecins. Ceux-ci, depuis longtemps, servent de thème favori aux caricatures et aux épigrammes. Et quant à la médecine, les gens bien portants en parlent volontiers avec ironie, et les malades, lorsqu'un médecin a échoué à les soulager, avec la haine la plus véhémente. „

D'où viennent ces sentiments ? En grande partie de ce que le public accorde à la médecine des pouvoirs qu'elle n'a pas et ne peut avoir. “ La foule n'a pas la moindre idée de ce qu'est la vie, pas plus qu'elle ne comprend ce qu'est et peut être la science médicale. Voilà l'origine de la plupart des malentendus, l'origine de la foi aveugle des uns en la toute-puissance de la médecine, ainsi que de la méfiance, également aveugle, que la même médecine provoque chez d'autres. Et l'une autant que l'autre ont les conséquences les plus fâcheuses. „

Comme Rhazès, le médecin russe montre les difficultés de la médecine chez les gens riches. “ Les clients les plus difficiles sont les personnages de tous genres qui appartiennent aux classes élevées. Ils sont impatients, gâtés et rendent le médecin responsable de la présence de leur maladie, ou de la plus légère souffrance. Et c'est pourquoi, d'ailleurs, la faveur du public va de plus en plus à des médecins reniés avec mépris, et non sans raison, par ceux de leurs confrères qui sont vraiment dignes de ce nom. „

Le Dr Veressaïef insiste sur la nécessité de capter la confiance des malades ; il se rencontre ici avec les médecins Salernitains.

“ Partout, à chaque pas, il faut savoir être acteur ; c'est indispensable ; car la maladie ne se guérit pas seulement au moyen des remèdes et des ordonnances, mais aussi par l'intervention du malade lui-même ; sa confiance et son courage sont une aide puissante dans la lutte contre la maladie, une aide qu'on ne peut estimer trop haut. „

L'auteur décrit avec complaisance les difficultés et les amertumes de la pratique médicale. “ Toute la carrière d'un médecin est remplie, presque sans interruption, de moments critiques, qui tiennent le cœur et l'esprit dans un état de nervosité permanente. La rechute d'un convalescent, le malade incurable qui demande à être secouru, la mort qui épie sans cesse sa proie, la possibilité continuelle d'un accident ou d'une erreur, enfin l'atmosphère même de souffrances et de détresses qui nous environne toujours, tout cela nous maintient l'âme dans des conditions d'alarme et de trouble perpétuelles... Quelquefois les forces nous abandonnent, et une telle tristesse s'empare de nous que nous voudrions fuir, nous en aller très loin, nous débarrasser de tous les malades et avoir l'impression d'être tranquilles et libres, quand ce ne serait que pour un temps relativement court. „

Après avoir mis à nu toutes les misères de la vie médicale, le médecin russe se demande si on pourrait améliorer cette situation et il conclut par ces paroles, quelque peu tolstoïennes : “ La solution unique a pour principe la conscience que nous ne sommes qu'une petite fraction d'un tout formidable, dont aucune des parties ne peut s'isoler sans nuire à l'ensemble. Et c'est donc seulement par le progrès de ce *tout* que nous pouvons espérer le perfectionnement individuel qui nous conduira à une meilleure destinée. „

Dr Mœller.

II

LA RÉDUCTION DES INTENSITÉS LUMINEUSES EN PEINTURE

Que le peintre soit impuissant à réaliser sur la toile des intensités lumineuses analogues à celles qui lui servent de modèle, c'est un fait trop évident, dans une foule de cas, pour qu'il ait

été méconnu ; mais on a été souvent porté à soutenir une théorie que condamne aussi l'observation et d'après laquelle les intensités lumineuses picturales devraient être proportionnelles à celles des objets représentés sur un même tableau. Jamin, jadis professeur de physique à l'École Polytechnique, était imbu *à priori* de cette idée ; mais des mesures photométriques, rapportées dans un article de la REVUE DES DEUX-MONDES (1857, 1er sem., p. 624), lui montrèrent que le rapport des intensités lumineuses des parties en pleine lumière à celles des parties situées dans l'ombre est bien plus petit sur la toile que dans la nature, d'où il était porté à conclure à une impuissance de la peinture.

Dans nos *Études esthétiques*, nous avons discuté ce sujet, et nous n'aurions pas songé à le reprendre si nous n'avions trouvé une solution différente du problème dans un ouvrage publié récemment. M. Frédéric Passy a donné, en effet, au public, sous le titre de *Reliquiæ*, un certain nombre d'écrits, dus à son fils Jacques, qu'il a eu le malheur de perdre en 1898 (1).

La principale des études composant ce volume est un mémoire envoyé en 1891 à l'Académie des Beaux-Arts, qui avait choisi comme sujet de concours : *Démontrer la vérité ou l'erreur de cette exclamation de Pascal :* " QUELLE VANITÉ QUE LA PEINTURE QUI ATTIRE L'ADMIRATION PAR LA RESSEMBLANCE DES CHOSES DONT ON N'ADMIRE PAS LES ORIGINAUX ! "

Le mémoire de Jacques Passy (il en fut envoyé soixante-deux) ne fit l'objet d'aucune mention : on ne doit qu'en être plus reconnaissant à M. Frédéric Passy de nous l'avoir conservé, car il est fort intéressant. Personnellement nous avons pris à sa lecture un plaisir d'autant plus vif que, dans sa façon scientifique d'aborder les problèmes d'esthétique (2), Jacques Passy nous paraît montrer une tournure d'esprit très voisine de la nôtre.

Cherchant à établir que le rôle de la ressemblance est fort limité dans le plaisir que nous cause la peinture, il est amené à faire ressortir que, par la force des choses, les intensités lumineuses, non seulement n'y peuvent rivaliser avec celles des objets, mais ne peuvent suivre la loi de proportionnalité, bien qu'un défaut de rédaction puisse faire croire d'abord qu'il pro-

(1) Jacques Passy, *Reliquiæ*. Un vol. in-8° de xv-332 pages. Paris, 1905, Société française d'imprimerie et de librairie.

(2) Jacques Passy était chimiste et a particulièrement étudié les odeurs et les parfums.

fesse l'observation de cette loi (1). Voici en quels termes il formule ensuite ce qu'il croit être le principe de réduction des intensités lumineuses :

" A et B étant les intensités de deux objets réels, a et b les intensités des mêmes objets sur le tableau : $\frac{A}{B} = \frac{a}{b} \times \frac{1}{n}$, la quantité $\frac{1}{n}$ étant arbitraire, mais constante pour un même tableau ; c'est ce qu'on pourrait appeler l'échelle lumineuse du tableau. On déduit de la relation précédente $\frac{\frac{A}{B}}{\frac{a}{b}} = \frac{1}{n}$, ce qui montre que, si, en transposant un morceau de musique ou en reproduisant une carte à une autre échelle, on conserve la *grandeur absolue des rapports*, la peinture ne conserve que les rapports relatifs ou *rapports des rapports*. "

Ainsi que le dit Jacques Passy, deux valeurs choisies pour représenter les valeurs extrêmes du modèle déterminent la série entière des valeurs intermédiaires et permettent d'y enfermer tout le tableau. Notre auteur fait d'ailleurs justement remarquer que cette réduction des limites entre lesquelles s'échelonnent toutes les intensités, donne, dans certains cas, une supériorité à l'image sur la réalité. Elle permet de conserver tout ce qu'il y a d'essentiel dans l'impression, en éliminant ce qu'il y a de pénible ou de fatigant dans certains effets réels. " Ainsi, dit-il, la représentation du soleil couchant supprime les effets d'éblouissement qui se produisent dans la réalité et empêchent, dans une certaine mesure, l'œil de jouir de toute la variété des nuances (2). De même, la représentation du clair de lune supprime les efforts fatigants que nous faisons pour percer l'obscurité, tout en conservant ce qu'il y a d'esthétique dans cet aspect. En un mot, la peinture, par l'emploi d'une échelle moyenne d'intensité, ramène aux conditions de la vision distincte et reposée, des impressions

(1) Page 37.

(2) On sait que certains peintres, tels que MM. Schöneyder-Müller et Jespersen, se sont appliqués, non sans succès, à donner l'illusion de cet éblouissement, en reproduisant les images consécutives provoquées par la contemplation du soleil couchant. Pour un soleil disparaissant dans une puissante illumination jaune, la toile est parsemée d'images négatives violacées, assez faibles pour ne pas attirer l'attention dans la vision indirecte, mais semblant surgir dès qu'elles se projettent sur la tache jaune, qui s'arrête, comme fascinée, sur elles.

qui ne se rencontrent dans la réalité qu'aux degrés extrêmes ; nos sensations y gagnent en délicatesse, en durée et surtout en clarté (1) „.

Tout cela est très juste, très bien observé et parfaitement expliqué par la formule : et cependant cette formule nous paraît recéler un vice fondamental.

Si l'on ne suit pas la règle de proportionnalité des intensités, ce n'est pas par simple impuissance à le faire, mais c'est aussi parce que son observation donnerait de fâcheux résultats. Étant donné en effet un système d'objets que l'on éclaire d'une façon déterminée, mais en faisant varier l'intensité de la source lumineuse, les oppositions entre les ombres et les lumières paraissent plus accentuées avec les faibles éclairages ; c'est ce qu'on observe en comparant un effet de clair de lune à un effet de clair de soleil. Le même effet se produisant quand on regarde un même tableau plus ou moins éclairé, les rapports des intensités objectives ne peuvent être rendus par lui que sous un éclairage déterminé. Or, c'est ce qui n'aurait pas lieu, si la formule de Jacques Passy était exacte, car le rapport $\frac{a}{b}$ est déterminé par la peinture, les valeurs absolues de a et de b variant seules avec l'éclairage. Sans doute, le peintre pourra éluder dans une certaine mesure les conséquences du vice de la formule en tenant compte de l'éclairage probable dans son choix de la valeur de n ; mais ce correctif est en contradiction avec le principe de la formule et ne peut fournir qu'une cote mal taillée.

C'est qu'en effet cette formule a été posée en tenant compte seulement de la nécessité d'enfermer entre certaines limites les valeurs du tableau et les intensités lumineuses qui y correspondent sous un certain éclairage : la loi de variation entre ces limites n'a donné lieu à aucune discussion, bien que Jacques Passy mentionne la loi psycho-physique de Fechner, tout en faisant les réserves nécessaires sur son exactitude. Acceptant ces réserves, nous nous appuierons cependant sur cette loi pour en déduire une formule théorique, qui ne sera certainement pas rigoureusement exacte.

Supposant donnée l'intensité a qui répond à la plus vive intensité A du modèle, cherchons ce qu'il faudrait faire pour obtenir des *rapports de sensations* égaux à ceux que donne celui-ci. La loi de Fechner consistant dans la proportionnalité

(1) Page 100.

des sensations aux logarithmes des excitations, nous devrons avoir :

$$\frac{\log a}{\log b} = \frac{\log A}{\log B}.$$

En général, cette solution, que nous avions donnée sans réserve dans nos *Études esthétiques*, est inapplicable, parce que, si a est, comme d'ordinaire, bien plus faible que A, b devra aussi être plus faible que B, ce qu'il sera souvent impossible d'obtenir. Force sera alors de suivre Jacques Passy et de se fixer des limites de variation plus restreintes, en renonçant à reproduire réellement les rapports des sensations. On peut constater, du reste, que journellement on fait des copies où les intensités extrêmes varient de façon quasi arbitraire : on prendra un papier plus ou moins teinté et on se servira de mine de plomb ou de crayon noir de façon à obtenir des dessins de valeurs très différentes, rendant cependant les effets avec une fidélité sans doute incomplète, mais beaucoup plus grande qu'on ne le croirait *à priori*.

Donc nous devons admettre que le rapport des sensations ne soit pas le même pour la contemplation du tableau et pour celle de l'objet. On aura donc pour les intensités extrêmes :

$$\frac{\log A}{\log B} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\log a}{\log b},$$

et à l'imitation de Jacques Passy, mais en serrant sans doute la vérité de plus près que lui, nous poserons entre les intensités intermédiaires X et x sur l'objet et le tableau, la relation :

$$\frac{\log A}{\log X} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\log a}{\log x}.$$

Les rapports des sensations ne sont pas conservés, mais les rapports de leurs rapports sont constants.

Nous prévoyons une objection à cette solution : pourquoi prenons-nous comme point de départ la proportionnalité des sensations, tandis qu'en musique la transposition se fait par conservation des rapports entre les excitants, c'est-à-dire entre les nombres de vibrations, d'où résulte qu'à des intervalles égaux répondent des *différences* égales de sensations ?

Après avoir noté que les faits nous ont obligé à nous écarter de la loi musicale, nous essaierons de donner une réponse au moins plausible à la question fort embarrassante que nous venons de poser.

Une lumière très faible n'est pas perçue ; si on augmente son intensité, à un certain moment le seuil de l'observateur est atteint, et il éprouve une sensation élémentaire ; puis, la lumière augmentant d'une façon continue, il éprouve une série d'augmentations discontinues de sensation, dont chacune ajoute une unité à l'intensité de la sensation. Celle-ci a donc une mesure pour ainsi dire absolue.

Tout autre est la hauteur des sons, qui ne part pas d'un zéro de hauteur : des excitations trop éloignées ne donnent pas la sensation de son, mais de bruits discontinus. Lorsque la fusion se produit, le phénomène est d'ordre qualitatif : quand donc le son montera, si l'on a bien des élévations successives qui donneront une mesure, celle-ci ne partira pas d'un zéro, en sorte qu'elle n'aura pas de valeur absolue et qu'il ne pourra exister, entre les sensations sonores, que des différences, non des rapports de hauteurs. Au contraire, les sons peuvent, tout aussi bien que les lumières, donner lieu à des rapports d'intensités entre les sensations qu'ils excitent ; malheureusement, si l'on note en musique les hauteurs des sons, on se borne à de vagues indications pour les intensités. Il serait très intéressant de vérifier si, un même air étant exécuté avec des intensités moyennes différentes, les rapports des diverses intensités doivent rester constants ou si l'on doit les modifier comme cela a lieu pour les intensités lumineuses. Un mode opératoire qui présenterait peut-être des facilités particulières, consisterait à écouter un même morceau à des distances différentes et à observer si des modifications dans l'accentuation n'apparaîtraient pas comme nécessaires pour conserver au morceau son caractère.

Quoi qu'il en soit de cette question d'ordre musical, il serait indispensable de reprendre les observations de Jamin et de les poursuivre d'une façon beaucoup plus méthodique. Ayant été inspirées par la pensée de vérifier le principe hypothétique de la proportionnalité des intensités lumineuses, elles n'ont pas eu besoin d'être conduites avec beaucoup d'art pour permettre d'établir que ce principe n'est aucunement observé. Beaucoup plus délicates seront celles qui auront pour objet de déterminer suivant quelle loi varient les intensités entre des limites à peu près arbitrairement choisies par l'artiste.

Une première précaution sera de n'étudier, d'abord, que des œuvres monochromatiques, la comparaison des intensités lumineuses de couleurs différentes étant fort délicate et ces intensités

variant dans des rapports différents quand varie celle de l'éclairage.

Un second point consisterait à se placer dans des conditions d'éclairage moyennes, en l'absence d'indices montrant que l'artiste a eu en vue des conditions spéciales, qu'il conviendrait alors de reproduire.

Il serait d'ailleurs très intéressant de comparer des gravures reproduisant une même œuvre, mais avec des limites de valeurs notablement différentes.

Ce n'est que grâce à des mesures photométriques de ce genre, nombreuses et très soignées, qu'on pourra espérer sortir du champ des formules hypothétiques, telles que celles qui ont été mises en avant par Jacques Passy et par nous-même et qui ne peuvent avoir d'autre prétention que de répondre aux conditions générales imposées par des observations grossières, en même temps qu'aux lois générales de la sensibilité.

Dans les *Reliquiæ* de Jacques Passy, nous avons envisagé un point spécial sur lequel nous avons accusé quelque désaccord avec lui, mais en profitant de son travail pour perfectionner singulièrement, croyons-nous, ce que nous avions dit de cette question dans nos *Études esthétiques*, où nous n'avions pas tenu compte de la nécessité d'introduire le paramètre n, en conséquence du fait que la copie d'un même objet peut présenter des limites de valeurs très différentes, laissées au choix de l'artiste.

Indépendamment du mémoire académique dont nous avons parlé, le volume contient : un très intéressant article sur les *Dessins des enfants*, précédemment paru dans la Revue philosophique ; des aperçus originaux sur l'*Art japonais ;* un important article sur *Berlioz et Wagner*, inséré dans le Correspondant ; enfin quelques *Nouvelles et Fragments littéraires*.

G. Lechalas.

BIBLIOGRAPHIE

I

Cours d'Analyse infinitésimale, par Ch. J. de la Vallée Poussin ; tome II, un vol. in-8° de xvi-440 pages. — Louvain, Uystpruyst-Dieudonné ; Paris, Gauthier-Villars (1906).

Le tome premier de ce *Cours* contenait, après les définitions du nombre irrationnel et de la continuité, la théorie des dérivées et des différentielles, des fonctions *explicites* ou *implicites*, la formule de Taylor, la théorie des intégrales simples *par excès* et *par défaut*, la théorie des séries, et, comme applications géométriques, la théorie des courbes *planes* et *gauches*, le calcul des arcs, des aires, des volumes. Le tome second, qui vient de paraître, comprend : 1° les intégrales multiples, les intégrales de fonctions infinies, la dérivation des intégrales par rapport à un paramètre, les intégrales curvilignes ; 2° les équations différentielles, les équations linéaires aux dérivées partielles, les équations aux différentielles totales ; 3° les fonctions spéciales, circulaires et eulériennes ; 4° les séries de Fourier ; 5° le calcul des variations et des différences ; 6° comme applications géométriques, la théorie des points singuliers, du contact, des enveloppes ; les lignes de courbure et les lignes asymptotiques ; la flexion et la torsion géodésiques.

L'on voit quelle large introduction à l'étude de l'Analyse est constituée par ces deux volumes, et nous allons indiquer brièvement quelles sont les qualités les plus saillantes du second.

1° L'auteur commence par la théorie *élémentaire* des intégrales doubles et triples, définition, calcul, changement de variables, formules de Green, Stokes. Puis il fait ce véritable tour de force de donner en 11 pages (p. 58 à p. 69) la théorie des *inté-*

grales multiples les plus générales, ne faisant appel qu'à la partie indispensable de la doctrine des *ensembles*.

Il définit ensuite les intégrales à *champ infini* ou à *élément infini* et fait la théorie rigoureuse de leur réduction à des intégrales simples, de leur dérivation et intégration par rapport à un paramètre, en donnant de nombreuses applications très intéressantes.

Toute cette partie a une grande valeur par sa *précision*, sa *simplicité*, son caractère *pratique*.

D'ailleurs M. de la Vallée Poussin avait publié, dans cet ordre d'idées, deux excellents Mémoires dans le JOURNAL DE M. JORDAN (1899) et dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES (1892), mémoires bien connus de tous.

2° Il est essentiel de dire, dès l'abord, que l'auteur considère toujours et exclusivement des *variables réelles*. Il démontre, par une méthode qui n'est ni celle de *Cauchy* (Calcul des Limites), ni celle de *Cauchy-Lipschitz*, ni celle de *M. Picard* (approximations successives), l'*existence* de l'intégrale unique d'un système d'équations différentielles du premier ordre, et la *continuité* de l'intégrale relativement aux constantes arbitraires (p. 130 à p. 136).

Beaucoup d'équations sont alors intégrées effectivement.

Pour les équations linéaires, M. de la Vallée Poussin introduit, dès l'abord, le *Wronskien* et la formule de Liouville et établit la théorie de l'intégration avec beaucoup de soin, en particulier par la méthode des *multiplicateurs* (p. 183 à p. 186). Dans le cas où les coefficients sont constants, il fait usage des opérations symboliques de Brisson et de Cauchy. Quelques pages sont consacrées aux équations classiques de Bessel et de Riccati, avec une contribution personnelle de l'auteur.

Puis viennent les équations aux dérivées partielles linéaires, intégrées par la méthode de *Gilbert* " qui ne laisse échapper aucune solution ".

L'on peut regretter, peut-être, que l'auteur n'ait pas montré la génération des intégrales par des assemblages de *caractéristiques* ; mais ce n'est point là un grief considérable...

Les équations aux différentielles totales sont étudiées d'une manière détaillée tant pour une équation que pour un système.

L'on peut dire que si, dans toute cette partie, le point de vue est assez élémentaire, il est du moins extrêmement pratique, ainsi qu'il convenait dans une œuvre d'où la variable complexe est exclue à dessein.

3° Les pages 274 à 300 présentent le plus grand intérêt. D'une manière tout élémentaire nous voyons là le *sinus* développé en produit infini, la *cotangente* développée en série, les nombres et polynômes de *Bernoulli*, enfin les *fonctions eulériennes* et la formule complète de *Stirling*. Il me semble excellent de donner tout cela en dehors de la théorie des fonctions synectiques, sauf à y revenir, ensuite, à ce dernier point de vue. Et c'est là une raison de plus pour souhaiter que M. de la Vallée Poussin publie le troisième volume qu'il promet dans sa préface.

4° Encore en peu de pages (p. 300 à p. 324) nous avons les fondements essentiels de la théorie des séries trigonométriques, avec les hypothèses de *Dirichlet*. Le fait que le développement est *unique*, on théorème de *G. Cantor*, est établi grâce à deux théorèmes de *Riemann* et à un théorème de M. *Schwartz*, préalablement établis.

Ceci constitue un chapitre *capital* au point de vue de la haute spéculation.

5° L'on sait aujourd'hui, grâce surtout à Weierstrass, à quel point le calcul des *variations* présente d'immenses difficultés. M. de la Vallée Poussin réserve pour le volume suivant une exposition détaillée de ces délicates questions. Il nous donne ici, les moyens les plus commodes pour obtenir les *conditions nécessaires* de variation nulle. Viennent ensuite quelques formules très utiles de la théorie des *différences*.

6° Les questions de géométrie sont très classiques. Elles sont exposées avec élégance et précision, et ici comme partout l'auteur donne un excellent choix d'*exercices*.

En somme, l'on peut dire que ce livre est *élémentaire*, puisque les ingénieurs et les physiciens y trouveront un très grand nombre de *faits* analytiques utiles, indispensables pour l'application des mathématiques — et l'on peut dire que ce livre est *élevé*, puisque les géomètres y trouvent de très hautes théories touchant la notion d'*intégrale* et les développements en *série de Fourier*.

Partout des moyens simples, normaux, rapides; partout une impeccable rigueur.

Tous ceux qui feront usage de ce cours acquerront une formation parfaite. Tous ceux qui l'auront lu souhaiteront voir exposées par le même auteur la théorie des fonctions synectiques, la théorie des variations avec ses récents progrès, la théorie des équations aux dérivées partielles du 1er et du 2me ordre, si indispensable au physicien...

L'auteur, bien connu pour ses travaux sur la définition de l'intégrale et sur la fonction ζ de Riemann, s'est révélé parfait professeur dans ses deux premiers livres d'enseignement.

R. D'ADHÉMAR.

II

LEÇONS D'ALGÈBRE ET D'ANALYSE, par JULES TANNERY, professeur à l'Université de Paris. 2 vol. gr. in-8° de 423 et 636 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1906.

L'enseignement des mathématiques dans les lycées français vient de subir une importante réforme. A la suite des délibérations d'une commission interministérielle, dans laquelle siégeaient, à côté des représentants de l'enseignement universitaire, ceux des diverses écoles spéciales se recrutant dans les hautes classes des lycées, un nouveau programme a été édicté qui fait rentrer dans le cycle de ces classes un certain nombre de notions, plus particulièrement d'analyse (éléments du calcul intégral et de la théorie des équations différentielles) et de mécanique, qui appartenaient jusqu'ici à celui des écoles spéciales. La tendance universitaire a été manifestement de garder le monopole de la culture générale exigée pour l'étude approfondie des sciences en vue de leurs applications ultérieures ; le but qu'elle a visé a été de concentrer dans l'enseignement des lycées *tout* ce qui pouvait paraître essentiel en vue des besoins généraux de telle ou telle spécialité ; c'est aux écoles à découper dans ce programme général la matière de leurs examens suivant ce qu'elles considèrent comme leurs propres besoins. Ce que vaut une telle organisation, l'avenir le dira. Il semble bien, en dépit du soin qu'ont mis les membres de la commission sus-nommée à élaguer tout ce qui leur a paru superflu, que le total de ce qu'ils ont ajouté l'emporte sensiblement sur celui de ce qu'ils ont retranché et que, en définitive, l'assimilation de toutes les matières que renferme le programme représente un bien gros effort pour des jeunes gens de 18 à 20 ans. Il convient, d'ailleurs, de reconnaître que c'est, avant tout, ici une question de mesure et que, si les professeurs tiennent rigoureusement compte des recommandations formulées par la commission même, le danger du surmenage sera atténué ; il faut pour cela qu'ils sachent résister aux imita-

tions du désir de faire, aux examens, briller leurs élèves d'un éclat emprunté, au grand détriment des qualités de fond.

Quoi qu'il en soit, voici, en ce qui concerne la science du nombre, comment, dans son rapport préparatoire aux travaux de la commission, s'exprimait le vice-recteur de l'Académie de Paris :

" L'algèbre ou l'analyse est cependant la base de tout notre enseignement supérieur. Elle apprend à calculer, à raisonner, à réfléchir ; elle exige un effort continu, une attention sans défaillance, une vue incessante de la route parcourue ; elle procède par des méthodes générales ou généralisables. Par tous ces caractères et ces effets, elle est une excellente éducatrice des esprits. Elle n'a pas une moindre utilité pratique ; elle est l'outil vraiment universel, celui dont tous auront besoin : savants, ingénieurs, officiers, physiciens. Elle devrait, par suite, avoir dans les programmes la place dominante ; or, elle n'y a qu'une place subordonnée. Examinateurs et professeurs semblent d'accord, ceux-ci pour la restreindre dans l'examen, ceux-là pour l'expédier au plus vite dans l'enseignement, trop oublieux de sa grande vertu éducative et de sa supériorité pratique.

„ En revanche, trop de géométrie analytique ; non pas que cette branche des mathématiques soit sans efficacité éducative ; elle vaut par les représentations graphiques et par les expressions concrètes des formules abstraites ; mais, poussée trop loin, et elle est poussée trop loin, elle aboutit à un pur mécanisme...„

C'est dans l'esprit que définit le passage ci-dessus qu'a été réformé le programme d'algèbre et d'analyse dont les principales innovations ont trait à l'étude des fonctions définies par des séries entières, aux éléments du calcul intégral borné aux quadratures classiques et à leurs principales applications géométriques, à l'intégration des équations du premier ordre dans le cas où les variables se séparent et dans celui où l'équation est linéaire, à l'intégration de l'équation linéaire du second ordre à coefficients constants.

Un des maîtres les plus éminents ayant pris part aux travaux de la commission de réforme, M. Jules Tannery s'est proposé, pour sa part, de développer en un ouvrage magistral le nouveau programme d'algèbre et d'analyse. Ce que peut être un tel exposé, sous une plume à la fois si experte et si élégante, tous ceux qui ont eu déjà occasion d'étudier les publications antérieures de M. Tannery peuvent, *à priori*, s'en faire une idée. Et pourtant, le présent ouvrage dépasse peut-être encore ce à quoi on était en droit de s'attendre de son auteur ; avec lui pourra être

faite la preuve qu'il est possible de pousser fructueusement une étude à bout rien qu'avec le secours du livre. Cette dernière observation fait pressentir tout le parti que les maîtres, non moins que les élèves, auront à retirer de cet excellent traité. Il nous suffira d'en donner ici une rapide analyse tendant cependant à dégager quelques idées qui contribuent à imprimer à l'œuvre son cachet particulier.

Le chapitre I contient un exposé de la théorie des nombres irrationnels fondée sur la notion de coupure et dont il suffit de dire qu'il résume les publications antérieures de l'auteur sur ce sujet, tant celles-ci peuvent, aujourd'hui, être considérées comme classiques.

Dans le chapitre II, relatif aux polynômes, se trouve habilement préparé tout ce qui sert à l'étude d'une fonction développée en série entière, et, dans le chapitre IV, relatif aux fractions rationnelles, tout ce qui sert à l'étude des fonctions qui deviennent infinies comme ces fractions ; le sens de la décomposition des fractions rationnelles est ainsi bien éclairci. La division des polynômes est traitée à fond au chapitre III. Le même souci d'amorcer les parties élevées de l'algèbre se rencontre dans la façon dont est présentée, au chapitre V, la théorie du plus grand commun diviseur.

Deux chapitres, VI et VII, sont consacrés aux nombres imaginaires ; le point de vue de Cauchy (et de Kronecker) sur l'origine et le rôle des nombres imaginaires y est mis en évidence d'une façon très élémentaire. Dans le second, est exposée la représentation géométrique.

Le chapitre VIII contient les éléments de l'analyse combinatoire et la formule du binôme.

Au chapitre IX, les équations du premier degré sont étudiées d'abord sans la considération des déterminants ; il convient d'y souligner le soin avec lequel l'auteur traite de la résolution des équations numériques, question capitale pour les applications, sur laquelle le plus souvent les livres didactiques insistent insuffisamment ; d'un autre côté, l'étude des équations à deux et trois inconnues prépare visiblement la théorie des déterminants développée au chapitre X. Cette théorie des déterminants rencontre parfois des détracteurs qui ne veulent y voir qu'une algorithmie de luxe sans intérêt véritable pour ceux qui étudient les mathématiques principalement en vue de leurs applications ; une telle manière de voir est aujourd'hui battue en brèche par l'utilisation constante de la notion de déterminant dans le

domaine de la Nomographie, où elle rend d'inestimables services. A la suite de cet exposé des propriétés fondamentales des déterminants, la théorie des équations du premier degré est reprise dans toute sa généralité, de manière à préciser avec une parfaite netteté ce qu'est la dépendance, ou l'indépendance, de telles équations ; les applications à la géométrie analytique sont ainsi bien préparées, sans d'ailleurs qu'aucune d'elles ne soit explicitement traitée. Bien que les méthodes d'élimination d'Euler, de Bézout et de Sylvester aient disparu du programme, l'auteur a cru devoir les traiter rapidement (en six pages), de manière à obtenir les conditions nécessaires et suffisantes pour l'existence de p racines communes finies ou infinies. A la vérité, d'ailleurs, les déterminants de Bézout ou de Sylvester ne sont pas écrits une seule fois.

L'ordre logique aurait sans doute appelé ici la théorie des équations algébriques, le reste du livre étant entièrement consacré à l'analyse. Mais l'auteur se serait ainsi privé de la possibilité de se servir de propositions plus générales utiles pour la résolution numérique ; aussi ne peut-on qu'approuver le parti auquel il s'est fixé de rejeter celle-ci plus loin.

Après les généralités sur les séries, réunies dans le chapitre XI, l'auteur aborde, au chapitre XII, l'étude des fonctions d'une variable réelle, qui constitue l'une des parties capitales du livre.

On est frappé, en parcourant ce chapitre, de la façon précise dont toutes les fonctions sont définies, en particulier les fonctions inverses. Suivant la recommandation de Cauchy, arc tg$x$, par exemple, est toujours compris entre $-\frac{\pi}{2}$ et $\frac{\pi}{2}$; cela supprime d'avance toute ambiguïté dans les intégrations Quand le sens est changé, intervient un autre symbole : par exemple, arc tg (n tg$x$) pour désigner un arc dont la tangente est égale à n tg$x$ ($n > 0$) et qui est compris entre les mêmes multiples de $\frac{\pi}{2}$ que l'arc x. Avec cette fonction, l'intégration de $\frac{1}{a\cos^2 x + b\sin^2 x}$ se fera sans ambiguïté. Notons, en passant, la façon toute simple dont sont introduites les fonctions hyperboliques, directes et inverses.

Les dérivées, leur application à l'étude de la variation des fonctions sont présentées, au chapitre XIII, surtout au point de vue intuitif, celui qui, incontestablement, convient le mieux à l'enseignement.

Les séries de fonctions font l'objet du chapitre XIV, dont l'importance mérite aussi d'être soulignée. Sans prononcer le

mot de convergence uniforme, l'auteur se sert constamment du théorème de Weierstrass, si simple et si évident. Si l'on suppose $a_i > 0$, et la série $a_1 + a_2 + \ldots + a_n + \ldots$, convergente, puis, dans un intervalle, $| f_i(x) | < a_i$, dans ce même intervalle la série $f_1(x) + f_2(x) + \ldots$ est absolument convergente, et sa somme est continue si les fonctions $f_i(x)$ le sont. Ce théorème suffit amplement, comme le fait voir l'auteur, pour les cas élémentaires. C'est encore lui qui intervient dans la démonstration de la proposition en vertu de laquelle la dérivée de $\Sigma a_n x^n$ est $\Sigma n a_n x^{n-1}$. C'est en partant des équations différentielles que vérifient ces fonctions que, par la méthode des coefficients indéterminés, l'auteur obtient les séries e^x, $(1 + x)^n$, $\log(1 + x)$. La formule de Taylor et le reste de Lagrange sont établis par une voie très naturelle. Il y a d'ailleurs lieu de signaler les vues générales émises à propos de la fonction exponentielle, faisant ressortir les simplifications résultant de l'introduction *à priori* de cette fonction par son développement en série. Cette façon de procéder a l'immense avantage de rendre inutile tout ce qui a trait au calcul des radicaux, aux exposants négatifs ou fractionnaires, ce dont, raisonnablement, personne ne saurait songer à se plaindre. Le paragraphe consacré aux infiniment petits et aux infiniment grands, conçu dans un esprit vraiment pratique, est d'une remarquable précision ; on ne s'y arrête sur la règle de l'Hospital que juste autant qu'il est nécessaire, c'est-à-dire bien moins que certains cours élémentaires, volontiers trop prolixes sur ce point.

Le chapitre XV contient des applications nombreuses et bien conduites à l'étude de la variation d'une fonction et à la séparation des racines.

Dans le chapitre XVI, où sont abordées les équations algébriques, l'auteur insiste beaucoup sur les fonctions symétriques, en ayant soin de distinguer les fonctions symétriques de n variables des fonctions symétriques des n racines d'une équation. On aurait mauvaise grâce à lui reprocher les quelques pages, très substantielles, qu'il a consacrées, en petit texte, aux équations du 3e et du 4e degré, que le nouveau programme a sacrifiées, attendu que, dans les applications, ces équations ne sont pas traitées autrement que les équations numériques de degré quelconque.

Le chapitre XVII introduit la notation différentielle en vue surtout de l'étude des courbes planes. Les idées de l'auteur sur ce point sont assez originales pour que nous y insistions un peu.

Il sépare, en effet, nettement la notion de différentielle de celle d'infiniment petit; les différentielles des variables indépendantes x, y, z, ... sont pour lui d'autres variables indépendantes qui leur correspondent respectivement et que l'on désigne par dx, dy, dz, ... ; la différentielle d'une fonction $f(x, y, z)$ est la forme linéaire $f'_x dx + f'_y dy + f'_z dz$: l'importance de cette forme tient essentiellement à la façon dont elle se conserve quand on change les variables indépendantes, et le grand avantage de la notation différentielle est que les variables indépendantes n'ont pas besoin d'être spécifiées. Rien n'empêche d'ailleurs de regarder les différentielles comme des infiniment petits quand on en a besoin.

Dans les notions de calcul intégral, qui constituent le chapitre XVIII, un des plus développés de l'ouvrage, on est frappé du souci qu'a l'auteur de présenter son exposé de façon qu'il ne reste rien de vague dans les applications. En particulier, on ne peut manquer d'être séduit par la façon à la fois simple et rigoureuse dont sont traités les changements de variables, sources, en ce qui concerne les limites, de tant d'embarras pour les débutants et même pour d'autres qui n'ont pas suffisamment réfléchi sur les principes. L'auteur a d'ailleurs eu soin, dans les exemples qu'il a développés, d'aller presque toujours jusqu'aux valeurs numériques.

A titre d'observation générale, on peut remarquer que les démonstrations de M. Tannery sont intuitives, autant que possible, ce qui, en effet, convient le mieux, et de beaucoup, à des débutants ; il fait aussi constamment appel à la représentation géométrique, afin que le lecteur ait toujours quelque chose de concret devant les yeux, ce dont, pour notre part, nous ne saurions trop le féliciter. Quand les exigences de la rigueur l'entraîneraient à des développements hors de proportion avec le but à atteindre, il n'hésite pas, avec grande raison, à laisser une lacune, mais il le dit avec une netteté qui met le lecteur dans l'impossibilité de rester sur une idée fausse : c'est, à notre sens, particulièrement en cela que l'exposé de M. Tannery mérite d'être cité comme un modèle dans le genre didactique.

Outre les nombreux exercices traités, à titre d'exemples, dans le texte même, l'ouvrage en contient plus de quatre cents, d'une remarquable variété, proposés, en fins de chapitres, au lecteur.

" ... Le parfait enseignement, dit M. Tannery dans sa préface, serait, à mon sens, un enseignement tel que celui qui l'a reçu et qui se l'est complètement assimilé s'étonne du peu de place que

tiennent dans sa propre pensée les principes fondamentaux, les théories qui s'en déduisent, les méthodes qui en résultent, parce que ces principes sont si clairs, ces déductions si naturelles, ces méthodes si aisées qu'il peut à chaque instant les retrouver sans effort. Est-il besoin de dire que je n'ai nullement la prétention de m'être approché de cet idéal, même de loin ? „

En cette dernière phrase, il nous semble que l'auteur s'est laissé égarer par sa parfaite modestie. Son ouvrage nous paraît, au contraire, s'être approché, autant que cela est humainement possible, de l'idéal qu'il a si bien défini dans les lignes qui précèdent, et, sur nombre de points, il inaugure des méthodes didactiques destinées à s'imposer avec force en dépit des habitudes antérieures.

Nous ne saurions non plus nous dispenser de louer la superbe exécution du livre qui, une fois de plus, vient attester la supériorité, dès longtemps proclamée, de la maison Gauthier-Villars.

M. O.

III

Encyklopädie der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch für Lehrer und Studierende von Heinrich Weber, Professor in Strassburg, und Josef Wellstein, Professor in Giessen. In drei Bänden. — Erster Band : *Elementare Algebra und Analysis*. Zweite Auflage. — Zweiter Band : *Elemente der Geometrie*. — Deux volumes in-8° de xviii-539 et xii-604 pages. — Leipzig, B. G. Teubner, 1905 et 1906 (1).

L'*Encyclopédie des Mathématiques élémentaires*, par MM. Weber et Wellstein, est excellente et devrait se trouver dans la bibliothèque de tous les professeurs de mathématiques de l'enseignement moyen. La meilleure preuve de son mérite est le succès éclatant avec lequel elle a été accueillie en Allemagne. Le premier volume parut en 1903 et, deux ans plus tard, avant même que le troisième volume n'eut vu le jour, les auteurs étaient obligés d'en donner une nouvelle édition.

Conçue dans le plan de tous les ouvrages de ce genre, l'*Encyclopédie* est une manière de dictionnaire d'information ou, si

(1) Le troisième volume est en préparation.

l'on veut, d'aide-mémoire, mais ce n'est pas un cours complet de mathématiques élémentaires. Les démonstrations des théorèmes y sont omises, ou tout au plus indiquées dans leurs grandes lignes. Contrairement à ce qu'on pourrait croire, les renseignements bibliographiques y sont nuls ou fort rares, à l'exception toutefois d'un chapitre entier consacré aux fondements de la géométrie. Pour justifier en cela tant la règle que l'exception, les auteurs regardent la bibliographie comme affaire à réserver aux grandes encyclopédies ; or on sait que dans la grande encyclopédie allemande la bibliographie de la géométrie élémentaire n'a pas encore paru.

A signaler aussi dans la réédition du tome I, une innovation heureuse empruntée à l'édition française de l'*Encyclopédie des sciences mathématiques*, je veux dire les chapitres donnant des notions historiques sur divers théorèmes particuliers.

Voici le résumé succinct des matières traitées :

Tome I. *Livre I. Fondements de l'Arithmétique.* 1° Nombres naturels ; 2° Opérations fondamentales ; 3° Division et fractions ; 4° Nombres irrationnels ; 5° Proportions ; 6° Puissances et logarithmes ; 7° Équations du 1er degré ; 8° Équations du 2d degré et nombres imaginaires ; 9° Permutations et combinaisons ; 10° Applications diverses.

Livre II. Algèbre. 11° Équations algébriques ; 12° Théorèmes fondamentaux de l'algèbre ; 13° Équations indéterminées du 1er degré ; 14° Équations indéterminées du 2d degré ; 15° Fractions continues ; 16° Solutions algébriques des équations des 3e et 4e degrés ; 17° Recherche des racines des équations numériques ; 18° Division de la circonférence ; 19° Démonstration de l'impossibilité de la solution générale de ce problème.

Livre III. Analyse. 20° Séries infinies ; 21° Séries infinies à termes alternativement positifs et négatifs ; 22° Séries convergentes infinies servant au calcul de la fonction exponentielle et des fonctions trigonométriques ; 23° Développement du binôme en série ; 24° Séries logarithmiques ; 25° Produits infinis ; 26° Transcendance des nombres e et π ; 27° Fonctions, différentielles, intégrales.

Tome II. *Livre I. Géométrie élémentaire.* 1° Étude critique des concepts élémentaires ; 2° La géométrie naturelle ou euclidienne n'est qu'un cas particulier de la métagéométrie ; 3° Fondements de la géométrie projective.

Livre II. Trigonométrie. 5° Trigonométrie plane et polygonométrie ; 6° Géométrie et trigonométrie sphériques : *A)* Orienta-

tion des arcs et des angles à la surface de la sphère ; *B)* Formules du 1er ordre ou formules auxquelles s'applique la loi du triangle de Möbius ; *C)* Formules du 2d ordre ou formules auxquelles cette loi n'est pas applicable ; *D)* Trigonométrie sphérique appliquée.

Livre III. Géométrie analytique et stéréométrie. 7° Géométrie analytique plane ; 8° Point, plan et droite dans l'espace ; 9° Cubatures et quadratures ; 10° Groupes de révolution et polyèdres réguliers ; 11° Géométrie analytique de l'espace.

Chacun des deux volumes se termine par une table alphabétique des matières.

H. B.

IV

Lehrbuch der analytischen Geometrie. Erster Band : *Geometrie in den Grundgebilden erster Stufe und in der Ebene*, von L. Heffter, Professor an der Universität Kiel, und C. Koehler, Professor an der Universität Heidelberg. Un vol. in-8° de xvi-526 pages. — Leipzig et Berlin, B. G. Teubner, 1905.

Tout en étant systématique et même, si l'on veut, élémentaire, en ce sens du moins qu'il forme par lui-même un tout complet, le volume de MM. Heffter et Koehler n'est cependant pas écrit pour des commençants. En principe, il ne suppose, il est vrai, chez le lecteur, aucune connaissance de la géométrie analytique, mais, pour être compris, il exige néanmoins une grande habitude de cette science. C'est que, dans leur exposition, les auteurs suivent un ordre extrêmement abstrait et purement logique. Ils commencent par les vérités les plus générales de la géométrie projective, pour descendre de là à la géométrie affine et de celle-ci à la géométrie équiforme, chacune de ces géométries étant regardée comme une particularisation de la précédente. Les auteurs ont cru pouvoir imaginer cet enchaînement comme suit : " La géométrie projective est comme le simple dessin d'un tableau, la géométrie affine y pose une première couche de couleur, la géométrie équiforme en ajoute une seconde pour produire par là les nuances multicolores auxquelles notre œil est habitué. „ On discutera, peut-être, le mérite et l'opportunité

d'une exposition de ce genre dans un cours oral, mais dans un volume imprimé elle forme incontestablement un essai original des plus intéressants.

H. B.

V

Anfangsgründe der darstellenden Geometrie für Gymnasien, von Fritz Schütte, Oberlehrer am Gymnasium zu Düren. Un vol. in-8° de 41 pages. — Leipzig et Berlin, B. G. Teubner, 1905.

Le récent programme de 1901 a mis les éléments de la géométrie descriptive au nombre des branches qui doivent être enseignées dans les gymnases allemands ; mais il paraîtrait, d'après M. Schütte, que jusqu'aujourd'hui un manuel vraiment pratique à mettre entre les mains des élèves ferait encore défaut. Sans doute, ajoute-t-il, les bons traités de géométrie descriptive ne manquent pas. A l'occasion de la loi de 1901, on a même vu surgir de tous côtés de nouveaux cours de géométrie descriptive élémentaire, mais il n'y a guère lieu d'en être satisfait : ils sont trop complets, rebutent les enfants et leur font perdre de vue l'esprit de la science.

Ces quelques considérations de la préface montrent le point de vue particulier où s'est placé M. Schütte. Son livre est court, clair et des plus élémentaires. Les figures sont soignées et l'impression fort belle, qualité toujours recommandable dans un manuel scolaire.

H. B.

VI

Die Planimetrie für das Gymnasium, von G. Holzmüller. I Teil, von Quarta bis Untersekunda einschliesslich reichend. 2e édit. Un vol. in-8° de VII-240 pages. — Leipzig, Teubner, 1905.

Ouvrage conforme au nouveau plan d'études prussien de 1901. Il embrasse le premier cycle de la géométrie et une partie du second.

Le premier cycle doit être pour l'enfant une introduction facile, intéressante, suggestive. L'intuition, le dessin, la construction de modèles font tous les frais du programme : ils ne font pas tout l'enseignement du maître. A lui de dégager des éléments concrets, des démonstrations expérimentales, les concepts abstraits de la géométrie, d'en montrer les relations, d'acheminer la jeune intelligence vers la notion de la démonstration logique, de la lui faire désirer, de lui donner l'impression qu'elle est indispensable, de l'amorcer même dans la mesure où le permettra le développement déjà acquis. Supprimer ou négliger cet aspect de l'enseignement mathématique du premier cycle, c'est en annuler la portée pédagogique, c'est fausser, peut-être irrémédiablement, l'esprit de l'enfant. Avec cette mentalité qui consiste à prendre pour équivalentes les expressions " trouver ou rencontrer la solution d'un problème „ et " résoudre un problème „ on s'interdit l'accès de la mathématique supérieure où la *démonstration par exemples* accumulerait contradiction sur contradiction.

Ainsi précisés, le programme et la méthode d'enseignement du premier cycle sont-ils compatibles avec l'introduction d'un *manuel scolaire?* Les manuels eux-mêmes et l'expérience répondront. En tout cas, il nous semble que le texte qu'on pourra mettre entre les mains de l'enfant devra se réduire à un minimum, n'encombrant pas les abords de la géométrie de définitions raffinées. A ce point de vue, le début du livre de M. Holzmüller nous paraît moins heureux. Quatre paragraphes de définitions successives où l'auteur décrit le point, la ligne, la droite. Voilà pourtant des idées toutes faites déjà dans l'esprit de l'enfant : on peut s'en servir hardiment comme base d'une première étude quasi expérimentale de la géométrie. Un point est quelque chose dans l'esprit et dans l'imagination du jeune débutant; je crains bien que " une figure spaciale purement logique sans aucune dimension „ ne lui dise plus rien; d'autant plus qu'on l'avertit en note que, pour *voir* un point, il devra imaginer à la place de l'œil un *unendlich scharfes geistiges Auge*, qui doit être regardé lui-même comme un point mathématique.

S'il faut un manuel pour les commençants, le meilleur ne serait-il pas un simple recueil d'exercices à faire? Le maître garderait pleine liberté — condition du succès du nouveau plan d'études élémentaires — pour tirer des représentations matérielles les concepts et les définitions de la géométrie proprement dite, et pour transposer les faits d'intuition, le plus qu'il le

pourra, mais comme il l'entend, dans le cadre ébauché de la vraie science géométrique.

Si l'excès de méthode et de classification nous paraît nuisible dans un manuel destiné aux élèves d'un premier cycle d'études, dans le second cycle au contraire ces qualités viennent prendre la première place. L'ouvrage que nous analysons la leur donne. L'exposé de la géométrie est simplifié; l'élagage a été mené avec discernement, laissant debout et mettant mieux en relief, par son isolement même, la solide structure de l'antique et classique géométrie grecque. Quelques idées introduites à propos préparent l'enseignement ultérieur : l'élève aura acquis par exemple la notion d'inversion, celle de faisceaux de cercles, etc.

L'abondante littérature éclose de tous côtés sous l'influence des réformes de programmes réalise incontestablement un progrès. Mais, œuvre d'hier, faut-il s'étonner qu'elle ne soit pas parfaite? Félicitons-nous des efforts tentés. L'expérience éliminera peu à peu les tentatives moins fructueuses pour affermir et consacrer celles qui relèveront véritablement les belles études mathématiques.

F. W.

VII

Einleitung in die Funktionentheorie, von Stolz und Gmeiner. Zweite Abteilung, mit 11 Figuren im Text. Un vol. in-8° de VIII-598 pages. — Leipzig, Teubner. 1905.

Signalons comme caractéristiques de cet ouvrage :

1° Sa tendance franchement arithmétique;

2° Le parti pris d'exclure tout recours au calcul différentiel et intégral.

Cette introduction à la théorie des fonctions est pénétrée de l'esprit de Weierstrass. L'étude des fonctions n'est autre chose que l'étude des modes de combinaison du nombre; la combinaison la plus féconde est la série potentielle. Prise comme élément de fonction, elle donne naissance à un nouvel ordre de combinaisons dont les ramifications envahissent presque tout le champ actuellement exploré de l'analyse. Le chapitre sur les produits infinis est traité sans appel aux séries logarithmiques correspondantes. L'exposé se distingue par sa précision concise.

Ch. VI. Critères de convergence des séries (d'après Pringsheim). Passage au cercle de convergence. Ch. VII. La fonction analytique homogène d'après Weierstrass. Ch. VIII. Fonctions circulaires. Ch. IX. Produits infinis. Ch. X. Fractions périodiques finies. Ch. XI. Fractions périodiques infinies.

F. W.

VIII

Elemente der Vektor-Analysis, mit Beispielen aus der theoretischen Physik, von A. H. Bucherer. 2e édition. Un vol. in-8° de VIII-103 pages. — Leipzig, Teubner, 1905.

Le lecteur de ce petit volume se sera convaincu de l'avantage et du secours que trouverait la physique mathématique dans l'emploi des notations du calcul vectoriel. L'usage de ce symbolisme condensé et suffisamment transparent n'a guère pénétré dans les manuels français.

Une première partie de l'ouvrage traite des opérations fondamentales sur les vecteurs; la seconde rassemble en quelques chapitres substantiels les transformations vectorielles couramment usitées en physique : théorème de Gauss, théorème de Green, etc.

L'étudiant qui s'apprête à aborder les théories de la physique mathématique — théorie de la chaleur, du magnétisme, théorie de Clerx-Maxwell, et d'autres — épargnera temps et peines en demandant à cet excellent ouvrage de lui servir d'introducteur. Il évitera ainsi de recommencer indéfiniment, sous des formes diverses, les mêmes transformations; il discernera plus aisément, sous les revêtements variés des diverses parties de la physique, l'unité de la structure mathématique.

F. W.

IX

Vorlesungen über die Vektorenrechnung, mit Anwendungen auf Geometrie, Mechanik und mathematische Physik, von E. Jahnke. Un vol. in-8° de XII-225 pages. — Leipzig, Teubner, 1905.

Cet ouvrage se distingue du précédent par un caractère scientifique d'un ordre plus élevé. Tout en cherchant à rendre son enseignement pratique et à le débarrasser de tout " lest „ inutile, l'auteur n'a pas sacrifié le plaisir de lui donner une allure philosophique. Il fonde son exposé sur un concept logique purement abstrait, indifférent par lui-même à représenter l'être tout géométrique et tout intuitif que nous appelons *vecteur*.

Le physicien de laboratoire, l'ingénieur d'usine seront tentés peut-être de trouver que cette méthode alourdit la définition des opérations fondamentales et rejette à l'arrière-plan des applications leur signification géométrique. En revanche, le théoricien qui a le loisir et se sent le goût de pénétrer les rapports logiques des formules dont il se sert journellement, parcourra ces leçons avec plaisir; nous ajouterons qu'il les *vivra*, tant elles ont gardé du cours de l'École technique de Charlottenbourg, où elles ont été prononcées, l'animation vive du maître qui a conquis l'attention active de son auditoire, et qui lit dans les yeux de ceux qui l'écoutent l'action et la réaction de sa propre pensée.

F. W.

X

La Science moderne et son état actuel, par Émile Picard, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne. Un vol. in-18, de 299 pages de la *Bibliothèque de Philosophie scientifique*. — Paris, Flammarion, éditeur, 1905.

Ce volume est le développement du rapport général sur les progrès récents des sciences que l'auteur avait été appelé à rédiger à l'occasion de l'Exposition universelle de 1900. Cette origine suffit à en déterminer le caractère : il s'agit d'une œuvre avant tout objective, où la personnalité de l'auteur ne se montre qu'avec discrétion. Certains trouveront, sans doute, que le mathématicien transparaît cependant dans ce premier chapitre consacré *au développement de l'analyse mathématique et à ses rapports avec les autres sciences*, alors que les mathématiques ont leur place propre, avec l'*astronomie*, dans le chapitre II. Puis viennent *la mécanique et l'énergétique, la physique de l'éther, la physique de la matière et la chimie, la minéralogie et la géologie, la physiologie et la chimie biologique, la bota-*

nique et la zoologie et enfin, en dernier lieu, *la médecine et les théories microbiennes.*

Condenser dans un volume de 300 pages à la fois les résultats de tant de sciences et les grands courants d'idées auxquels elles donnent lieu présentement constituait un problème singulièrement ardu, et dire simplement que M. Picard a su le résoudre à la satisfaction de tous suffit à faire l'éloge du savant et de l'écrivain.

Nous aurions cependant une petite chicane à lui opposer, parce que nous trouvons une lacune dans son plan : il n'y a pas fait la plus petite place à la *logique algorithmique* ou *logistique,* selon le terme qu'on préférera. Nous savons bien que ce n'est pas là une science proprement dite, mais plutôt une méthode ; mais cette méthode a une si haute portée philosophique qu'elle méritait bien une petite place. Nous savons aussi que la logistique n'a pas encore ses grandes entrées dans les académies ; mais nous savons aussi que, grâce à M. Peano, elle est, depuis plusieurs années, sortie du champ exclusif des discussions philosophiques pour entrer dans celui des applications scientifiques, et nous eussions aimé que M. Picard salnât au moins ce premier épanouissement d'une fleur née du rêve incessant de Leibniz.

Mais laissons ce détail et examinons d'un peu plus près le volume. Nous ne saurions évidemment songer à passer en revue, à la suite de l'auteur, tout le cycle de la science humaine, et nous devrons nous attacher à ce qui y occupe le moins de place, c'est-à-dire à ces discrètes indications qui tendent à révéler les conceptions générales de l'auteur.

Ainsi qu'on peut le prévoir, c'est surtout dans le premier chapitre, déjà mentionné, que se montrent ses idées personnelles. Si d'ailleurs il y donne le tableau du grand rôle joué par les mathématiques dans les diverses sciences, ce n'est pas sans faire ressortir tout ce que les mathématiques pures doivent aux mathématiques appliquées. Au XVIIIe siècle, la grande majorité des recherches analytiques ont pour occasion un problème de géométrie et surtout de mécanique ou de physique ; le besoin de rigueur ne se fait pas beaucoup sentir, et d'Alembert traduit bien la tendance dominante en disant aux scrupuleux : " Allez en avant et la foi vous viendra ".

Au commencement du XIXe siècle, la même inspiration subsiste avec Fourier ; mais déjà se fait sentir une conception plus haute de la science mathématique, car, à l'opinion de Fourier que son but principal est l'utilité publique et l'explication des phéno-

mènes naturels, Jacobi oppose cette pensée que *le but unique de la science c'est l'honneur de l'esprit humain*, et Gauss appelait les mathématiques la reine des sciences et l'arithmétique la reine des mathématiques. De cet esprit sont sorties toutes les préoccupations logiques et esthétiques qui ont donné une physionomie si caractéristique à tant de travaux des deux derniers tiers de ce siècle. Mais M. Picard est un esprit trop pondéré pour s'attacher exclusivement à l'une de ces deux tendances, qu'il serait puéril, dit-il, d'opposer l'une à l'autre, ajoutant que l'harmonie des sciences mathématiques est dans leur synthèse.

Certains autres chapitres mériteraient de fixer notre attention, comme précisant des aperçus sommaires du premier. C'est ainsi que, dans le troisième, à l'histoire de la genèse de la mécanique, nous voyons succéder un aperçu des modes d'exposition déductifs qui, condensant en quelques postulats les résultats auxquels a conduit la succession d'efforts et de tâtonnements des créateurs de la science du mouvement, permet d'en tirer ensuite, d'une façon bien séduisante, toute la science mécanique. La vérification expérimentale des conséquences les plus lointaines sert de justification des postulats posés à la base. Mais M. Picard est trop soucieux des exigences de l'enseignement pour ne pas noter que ces postulats, placés au début, paraissent singuliers à ceux devant qui on les énonce pour la première fois.

Puis vient la question de savoir si toutes les transformations du monde physique se produisent d'après les lois de la mécanique, et, à ce propos, l'auteur se pose cette question préliminaire : " Quel est le sens exact de cette assertion, si toutefois elle en a un ? „ Il montre ensuite combien il est difficile d'y répondre. Un des sens les plus satisfaisants est celui qui consiste à considérer un phénomène comme expliqué mécaniquement quand on a pu poser des équations différentielles qu'il vérifie. Mais ces équations exigent souvent l'introduction de masses cachées, et ne peut-on dire que ces masses cachées ne sont que de mauvaises plaisanteries? Oui, *à priori*, répond M. Picard, non en fait. " Le point capital, dit-il, est d'arriver à des relations entre les quantités mesurables, permettant de prévoir les phénomènes ; les quantités inaccessibles sont des variables auxiliaires, que l'on cherche ensuite à éliminer. „

La réponse nous paraît quelque peu empreinte de la marque de ce *nouveau positivisme* qui entraîne en ce moment plus ou moins tous les esprits. Bien que reconnaissant la justesse de maintes remarques sur lesquelles il s'appuie, nous avons peine à nous y abandonner.

Sans doute, une masse cachée inventée tout exprès pour expliquer un ordre de phénomènes ressemble à une mauvaise plaisanterie ; mais, si cette masse cachée, au lieu de s'évanouir, une fois ce service rendu, se trouve à point pour expliquer d'autres phénomènes qui n'avaient aucunement concouru à sa définition, ne semble-t-il pas qu'elle commence à perdre son aspect plaisant et à prendre tournure de réalité ?

Nous dirons quelque chose d'approchant à propos des *modèles*. " Supposons, dit M. Picard, que deux phénomènes différents conduisent aux mêmes équations différentielles ; ils sont alors les modèles l'un de l'autre, et pour une même catégorie de phénomènes, il peut y avoir plusieurs modèles... L'accord entre l'esprit et la nature est, dans cet ordre d'idées, comparable à l'accord entre deux systèmes qui sont modèles l'un de l'autre. "

Tout cela est vrai sans doute ; ou plutôt, tout cela serait vrai si le monde n'était formé que de systèmes de phénomènes indépendants les uns des autres. Mais il n'en est pas ainsi ; aussi arrivera-t-il que les divers systèmes de modèles s'harmoniseront ou non, et il n'est peut-être pas illégitime d'espérer que, peu à peu, on pourra ainsi resserrer le choix, non entre des modèles isolés, mais entre des systèmes coordonnés de modèles. Du reste, M. Picard lui-même, dans son Introduction, paraît un peu plus confiant dans les ressources du mécanisme qui, grâce à un élargissement des moules anciens, permettront probablement aux chimistes et aux physiciens, dit-il, de conserver longtemps, en l'entendant bien, la formule cartésienne d'après laquelle toutes les transformations du monde physique se font d'après les lois de la mécanique.

Il faut nous arrêter après ces quelques mots qui touchent à la conception générale de la science, parce que nous ne saurions plus où le faire, si nous nous laissions entraîner, sur les pas de M. Picard, à parler de tous les problèmes qu'agite la science contemporaine.

G. Lechalas.

XI

La Théorie physique, son objet et sa structure, par P. Duhem, correspondant de l'Institut de France, professeur de physique théorique à la Faculté des sciences de Bordeaux. Un

vol. in-8° de 450 pages de la *Bibliothèque de philosophie expérimentale,* publiée sous la direction du Prof. Peillaube. — Paris, Chevalier et Rivière, 1905.

" Il n'est presque aucun chapitre de la physique théorique, dit l'auteur dans son introduction, que nous n'ayons eu à enseigner jusqu'en ses détails ; il n'en est guère au progrès desquels nous ne nous soyons maintes fois efforcé. Les idées d'ensemble sur l'objet et la structure de la théorie physique que nous présentons aujourd'hui sont le fruit de ce labeur prolongé pendant vingt ans. Nous avons pu, par cette longue épreuve, nous assurer qu'elles étaient justes et fécondes. (1) „

Les idées dont M. Duhem nous offre aujourd'hui le développement et la synthèse, sont celles dont il inaugurait l'exposé dans cette Revue il y a quatorze ans. Au début, cette conception nouvelle d'une physique ne relevant que des faits, séparée de la métaphysique par une cloison étanche et, cependant, tout aussi suggestive que l'ancienne de nouvelles recherches et de nouvelles découvertes, a revêtu, aux yeux de savants éminents, une apparence paradoxale qui a provoqué la contradiction. Maintenant que ces discussions ont fourni à l'auteur l'occasion d'écarter des malentendus, il semble bien que l'accord est près de se faire et que le nombre grandit de ceux pour qui les idées du savant professeur de Bordeaux sont " justes et fécondes „.

Je ne m'attarderai pas à en louer l'exposé sobre, limpide, d'une surprenante plasticité et qui réussit, sans effort, à épouser les contours variés d'une pensée souple et vigoureuse. Les lecteurs de la Revue connaissent assez la manière de cet infatigable collaborateur pour qu'il ne soit pas superflu d'en louer les mérites. Je veux me borner à rappeler la pensée maîtresse de la *Théorie physique* et à en ébaucher l'analyse, en suivant l'auteur pas à pas, pour ne pas dire mot à mot.

L'idée centrale de l'ouvrage, qui en résume à la fois les conclusions, c'est cette conception de la théorie physique : " Une théorie physique n'est pas une explication. C'est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement, aussi exactement que possible un ensemble de lois expérimentales (2). „

(1) *La Théorie physique,* Introduction, p. 2.
(2) *Ibid.,* p. 26.

La théorie physique n'est pas une *explication*. Si l'objet de la théorie physique est d'expliquer les phénomènes, c'est-à-dire de *saisir sous eux la réalité qu'ils recèlent*, on doit admettre qu'elle ne peut prouver avoir atteint son but que si réponse est donnée à ces deux questions : Existe-t-il une réalité matérielle distincte des apparences sensibles ? De quelle nature est cette réalité ? Or, ces deux questions ne ressortissent point à la méthode expérimentale qui ne connaît que les apparences sensibles. Leur solution est l'objet de la métaphysique. Si donc la théorie physique doit donner une explication de la réalité, elle sera subordonnée aux systèmes métaphysiques et participera forcément aux dissensions des philosophes. La réalité fondamentale sera différente pour les péripatéticiens de ce qu'elle est pour les dynamistes, pour les atomistes, pour les cartésiens. Où donc retrouvera-t-on dans ce chaos d'affirmations contradictoires, la belle unité, la rigueur mathématique, qui doivent assurer aux conclusions de la physique le consentement universel ?

Mais, si la théorie physique se déclare impuissante à atteindre directement autre chose que des apparences, à quoi sert-elle ? Réduite à son objet propre, qui est tout d'abord la *représentation* la plus simple, la plus complète, la plus exacte d'un ensemble de lois physiques, elle est de ce chef un immense soulagement pour la raison humaine, et contribue à cette *économie intellectuelle* qui prévient l'encombrement et le désarroi.

Elle n'est pas seulement la représentation des lois expérimentales, elle en est aussi la *classification*. Or, des connaissances classées sont des connaissances d'un emploi commode et d'un usage sûr ; et voilà qu'elle devient un merveilleux outil que rien ne pourrait suppléer.

Ce n'est pas tout. Si l'analyse des méthodes par lesquelles s'édifient les théories physiques nous prouve avec une entière évidence que ces théories ne sauraient se poser en *explication* des lois expérimentales, il n'en est pas moins vrai qu'un acte de foi, que cette analyse est incapable de justifier, comme elle est impuissante à le refréner, nous assure que ces théories, parvenues à un haut degré de perfection, " ne sont pas un système purement artificiel, mais une *classification naturelle* „ où se reflète la réalité.

Dans un article paru récemment (1), M. Duhem insiste sur cette

(1) *Physique de croyant*, dans ANNALES DE PHILOS. CHRÉT., nov. et déc. 1905.

idée. La théorie par ses perfectionnements successifs tend à ranger les lois expérimentales *en un ordre de plus en plus analogue à l'ordre transcendant selon lequel se classent les réalités.* Certes, cette affirmation, ce n'est pas la logique de la science qui l'extorque au savant. Le physicien peut, sans cesser d'être *logiquement* conséquent avec ses principes, représenter par plusieurs théories, *logiquement* inconciliables, des groupes de lois expérimentales ; l'incohérence d'une théorie ne relève pas de ce tribunal. Mais le même sentiment qui nous fait croire à une *classification naturelle* possible, nous pousse à coordonner logiquement nos théories. En sorte que l'unité de la science restera, quoi qu'il en ait, l'aspiration éternelle du savant.

Mais, dira-t-on, parler de *classification naturelle*, c'est bien dire que la théorie digne de ce nom *reflète avec fidélité l'ordre des réalités, l'ordre ontologique.* Dès lors, pourquoi ces longs détours? Pourquoi ne pas marcher droit à cette réalité par la route de la métaphysique? Pourquoi ne pas construire dès l'abord, de ce point de vue, la théorie explicative ? Pourquoi ne pas lui donner d'emblée la perfection vers laquelle elle tend comme un variable vers sa limite, quand on n'en veut faire qu'une classification naturelle ?

Parce que l'histoire de la science nous montre que ce procédé ne serait qu'une illusion. Dans toute théorie physique, il faut distinguer deux parties : une partie représentative, qui lui appartient en propre, et une partie explicative qui, logiquement, la déborde. Or, la vitalité et la fécondité comparées de ces deux parties sont bien différentes. Tandis que la partie représentative se développe pour son compte et persiste à travers toutes les vicissitudes des systèmes métaphysiques, toujours jeune et féconde en découvertes, la partie explicative, caduque et stérile, ne survit jamais à la conception philosophique qui l'a fait naître. " Ce qui est durable et fécond dans la plupart des doctrines physiques, c'est l'œuvre logique par laquelle elles sont parvenues à classer naturellement un grand nombre de lois en les déduisant de quelques principes ; ce qui est stérile et périssable, c'est le labeur entrepris pour expliquer ces principes, pour les rattacher à des suppositions touchant les réalités qui se cachent sous les apparences sensibles (1). „ Attachons-nous donc à perfectionner la partie représentative de la théorie, poussons-la jusqu'à en faire une *classification naturelle :* alors et ainsi

(1) *La Théorie physique*, p. 57.

seulement nous pourrons y contempler, comme en un miroir, l'image fidèle des réalités que recouvrent les apparences sensibles.

Nous n'aborderons pas l'analyse de la seconde partie du livre de M. Duhem, *la structure de la théorie physique*. Ses parties principales ont été publiées ici-même, et nos lecteurs ne les ont pas oubliées. Bornons-nous à en rappeler la conclusion générale.

La théorie physique doit s'acheminer vers sa forme limite qui est celle d'*une classification naturelle*. Mais quelle est la structure actuelle de la théorie physique qui paraît tendre effectivement vers cette limite? Ce ne sont pas les structures mécaniques, au sens étroit du mot, où le seul mouvement local fournit tous les éléments de la construction ; mais plutôt la thermodynamique générale qui confère une égale importance à la quantité et à la qualité, et, par ses symboles numériques, représente également les diverses grandeurs des quantités et les diverses intensités des qualités. Dans la pensée de M. Duhem, la structure de la théorie physique idéale se relierait très étroitement aux doctrines essentielles de la physique péripatéticienne, en ce sens que les constructions de la thermodynamique générale, en se perfectionnant sans cesse, et la cosmologie scolastique réduite à ses affirmations essentielles, nous fourniraient deux images distinctes, puisqu'elles sont prises de points de vue différents, mais nullement discordantes du même ordre ontologique.

P. C.

XII

Traité de géologie, par A. de Lapparent. Cinquième édition refondue et considérablement augmentée, 3 volumes gr. in-8° de xvi-2016 pages avec 883 figures. — Paris, Masson et Cie, éditeurs, 1906.

Il m'échoit le grand honneur de présenter aux lecteurs de la Revue des Questions scientifiques, la nouvelle édition du livre si connu de M. de Lapparent. Les liens si étroits et si anciens qui rattachent le savant professeur à la Société scientifique de Bruxelles, feront que, plus que tous autres, les nombreux membres de la Société se réjouiront du grand et légitime succès, sans précédent dans les annales de la littérature scientifique, dont ce traité est l'objet.

Qu'un ouvrage exclusivement scientifique, aux dehors rébarbatifs et aux dimensions presque imposantes ait su, de prime abord, faire une pareille trouée et en arriver dans le court espace d'un petit quart de siècle à sa cinquième édition, il y a de quoi rendre jaloux le romancier le plus choyé du grand public. On serait tenté d'en rendre tout l'honneur à une soif plus grande et à un goût plus vif de nos contemporains pour les pures productions intellectuelles, si l'on ne savait que les publications de M. de Lapparent se laissent lire à l'égal des plus captivantes éditions littéraires. Je n'apprends rien d'ailleurs à cet égard à aucun des lecteurs de la Revue, familiarisés de longue date avec le faire d'un de ses plus éminents collaborateurs.

Nous pouvons d'ailleurs nous féliciter de ces rééditions rapides, car elles nous procurent l'avantage de pouvoir être toujours rapidement tenus au courant des nouveautés, dans l'effrayant mouvement scientifique de notre époque. C'est merveille assurément qu'il existe encore des cerveaux synthétiques capables de s'assimiler et de faire assimiler aux autres, la quintessence d'une science devenue mondiale et envahissante comme la géologie.

On pourra juger du travail qu'a nécessité cette remise sur le métier du *Traité de géologie* par le détail des transformations, ajoutes et suppressions qu'énumère le prospectus de cette cinquième édition.

Laissant de côté ce témoignage tangible de la refonte de cette dernière édition, nous nous contenterons d'examiner brièvement ce que présente de neuf le travail. Pour nos lecteurs, ce sera en quelque sorte une rapide revue des progrès des sciences minérales dans ces cinq dernières années.

Le plan général de l'ouvrage est resté le même. Après les modifications profondes et les remaniements que l'auteur a fait subir à ce plan, au cours des éditions précédentes, on ne doit pas s'étonner de voir ce plan arriver à un état d'équilibre stable. Nos connaissances sont en effet suffisantes pour que nous puissions avoir une idée d'ensemble de la nature minérale et, si l'on peut concevoir l'agencement des diverses parties constitutives du monde inorganique autrement que l'auteur, surtout au point de vue du développement logique des idées, si, dis-je, on peut le concevoir autrement que l'auteur, n'empêche que l'ordre qu'il a adopté se montre comme tout à fait didactique et tracé de main sûre et large.

La première partie du traité, celle qui s'occupe de l'étude des

phénomènes géologiques actuels, autrement dit de la géographie physique de notre globe, est celle qui a subi le moins de modifications. Nous ne pouvons pas d'ailleurs dans cette voie espérer des progrès continuels et éclatants. Seules les études patientes et tenaces, poursuivies pendant de longues années, ou des explorations en pays presque inconnus pourront encore nous révéler des choses sensationnelles dans cet ordre d'idées. Pour le reste, tant dans son *Traité de géologie* que dans les éditions successives de ses *Leçons de géographie physique*, M. de Lapparent a eu l'occasion de mettre en vedette les faits les plus saillants d'une science dont il est un des principaux initiateurs en pays de langue française. On trouvera néanmoins résumés en cette dernière édition quelques faits d'actualité concernant des phénomènes naturels qui ont tristement attiré l'attention dans ces derniers temps. Je veux parler des volcans et des tremblements de terre. On trouvera à bonne place une étude des faits impressionnants dont les Antilles ont été le théâtre, faits qui, consciencieusement étudiés par des commissions scientifiques, ont été si riches d'enseignements variés. Un chapitre entier et tout nouveau est consacré à la description des procédés systématiques d'étude des tremblements de terre, autre sujet d'actualité non moins grave. Je souhaiterais voir l'auteur donner un développement plus grand à l'étude de l'hydrologie souterraine et aux méthodes d'investigation de la circulation des eaux souterraines. De nos jours, la géologie a brillamment conquis dans cette voie des titres à la reconnaissance des populations et a servi de guide aux techniciens. Je me permettrai aussi d'appeler l'attention de l'auteur sur la contradiction qui existe entre les résultats de la magistrale étude des eaux de la Meuse par MM. Spring et Prost et les résultats de l'étude d'autres cours d'eau cités dans le *Traité de géologie*. Leur étude a dépassé de loin, en précision et comme somme de travail, tout ce qui avait été fait dans ce genre. Or les conclusions de leurs recherches sont en désaccord avec celles déduites des études de Sir J. Murray. Sans parler d'une foule de conclusions de la plus haute importance, le travail de MM. Spring et Prost a montré avec des preuves indubitables que, pour la Meuse, le travail chimique des eaux souterraines est près de quatre fois plus actif que le travail mécanique des eaux courantes. Pour M. Murray, ce travail chimique ne serait que la moitié du travail mécanique. Il y a là contradiction évidente dont il

importerait d'avoir le fin mot par une de ces analyses critiques dont M. de Lapparent a le secret.

N'oublions pas de signaler que la question des anomalies de la pesanteur, si intéressante pour la connaissance des régions profondes et inaccessibles du globe, a reçu de larges compléments dans cette cinquième édition.

La deuxième partie du *Traité*, celle qui s'occupe de la géologie proprement dite est naturellement celle où les suppressions et les ajoutes ont été les plus nombreuses. Dans ce domaine en effet, rien n'arrête la marée montante formidable des découvertes, et pour trouver du neuf on n'a que l'embarras du choix.

Les chapitres consacrés à l'étude de la pétrographie et de la lithologie sont vraisemblablement ceux qui, de tout l'ouvrage, ont subi le plus de remaniements. L'éminent professeur s'est donné des peines considérables pour nous fournir une bonne classification des roches éruptives. S'il n'y a pas réussi, chose que l'avenir nous apprendra, ce sera une nouvelle preuve à ajouter à tant d'autres de l'impossibilité de classer un chaos qui va toujours en s'obscurcissant sous l'avalanche des noms nouveaux et des descriptions interminables et indigestes. Nous féliciterons l'auteur d'avoir conservé comme base de sa nouvelle classification la notion de composition chimique ou, plus spécialement, de la plus ou moins grande acidité des roches. C'est évidemment là, au point de vue génétique, une donnée de première importance, tandis que nous avons peine à voir dans les questions de texture autre chose que des faits de détail. Importantes pour les pétrographes, qui se contentent de mettre l'œil à leur microscope et pour qui un échantillon est tout un monde, pour le stratigraphe ces variations de texture ne sont que des conséquences souvent très localisées de conditions de milieu diversifiées à l'extrême. Un stratigraphe sérieux ne consentira jamais à laisser classer sous trente-six noms différents une même masse éruptive, une commune origine mais diversifiée de texture par suite de conditions de milieu différentes.

A ceux qui ont de la propension à suivre le goût du jour, pour lequel tout doit prendre en science une tournure mathématique et se ramener à des graphiques et à des diagrammes, je recommande la lecture des chapitres où l'auteur a résumé de main de maître les tentatives américaines et autres pour schématiser la différenciation et la composition des magmas éruptifs. Elles sont intéressantes à plus d'un titre comme moyen de comparaison;

je crains bien cependant que ces tentatives ne contribuent à compliquer la pétrographie au lieu de la simplifier.

Si nous passons maintenant à la stratigraphie proprement dite, nous allons constater facilement de notables accroissements dans la dernière édition du *Traité*. Ainsi nous pourrons signaler tout d'abord, pour ne plus avoir à y revenir, deux choses saillantes :

M. de Lapparent a donné avec beaucoup de raison un développement plus grand à la description des formations des régions exotiques. Cette manière de faire trouve sa justification dans les progrès énormes accomplis depuis quelques années dans des régions jadis presque totalement inconnues. Ces progrès, outre qu'ils comblent des lacunes regrettables, présentent un vif intérêt à une époque où les idées de prospection et d'expansion mondiale préoccupent les nations industrielles. Sous ce rapport, les prospecteurs et les voyageurs en pays étrangers, gens qui d'habitude ont rarement le temps de se documenter sur la géologie des pays qu'ils vont visiter, trouveront ici d'excellentes descriptions de pays neufs, descriptions enrichies par surcroît de très nombreuses citations bibliographiques.

M. de Lapparent a encore perfectionné dans cette édition les esquisses paléographiques qu'il avait inaugurées dans l'avant-dernière édition. Sans se faire lui-même illusion sur la valeur absolue de ces essais de reconstitution, il croit bon de les améliorer sans cesse et telle est, je crois, l'idée juste que l'on peut s'en faire. Dans l'état de nos connaissances, de telles reconstitutions sont encore bien précaires, mais ce n'est pas une raison pour ne pas les tenter. Le tout est de ne pas s'exagérer leur valeur et de les considérer comme des embryons indéfiniment perfectibles et présentant du moins ce grand avantage de schématiser à un moment donné l'ensemble de nos connaissances.

Pour ces reconstitutions, M. de Lapparent a inauguré un nouveau mode de projection cosmographique. Il consiste à ne représenter, comme cela se pratique d'ailleurs dans l'Atlas de Berghaus, que la moitié du globe coupé par un plan parallèle à l'horizon de Berlin. De cette façon l'ensemble presque complet des continents figure sur une de ces moitiés et les Océans ne prennent plus, comme dans la projection de Mercator, une ampleur démesurée. Cependant, pour ne pas laisser de côté l'Amérique du sud et l'Océanie, l'éminent professeur est obligé de joindre

latéralement deux demi-hémisphères. Je ne sais pas si c'est parce que nous ne sommes pas encore familiarisés avec ce mode de projection, mais il me semble que ce morcellement de la projection, et celui des continents qui en est la conséquence, font perdre à l'innovation ses principaux avantages. Je n'y vois plus guère comme avantage que de mettre en vedette, en plein centre de l'hémisphère complet, les méridiens passant par l'Europe et l'Afrique qui nous intéressent tout particulièrement. Mais les Américains et les Asiatiques vont réclamer, car leurs continents sont horriblement déformés, voire même disloqués.

Un chapitre intéressant de la nouvelle édition est celui qui renferme la description du système archéen. Malgré les attaques incessantes des partisans du métamorphisme à tous crins dans la question de l'existence de l'archéen, je pense que l'auteur est dans la note vraie en admettant qu'il existe, encore accessibles à nos observations, des portions de la primitive écorce du globe. Que ces portions soient faibles et rares, peu importe pour le principe. M. de Lapparent est d'ailleurs le premier à reconnaître que le nombre de ces portions va continuellement en diminuant, par suite des travaux où l'on parvient à rattacher à l'une ou l'autre formation sédimentaire, tel ou tel massif considéré jusqu'ici comme archéen. Ainsi il n'hésite pas, dans sa nouvelle description des massifs archéens alpins, à montrer que beaucoup de ces massifs sont des formations sédimentaires métamorphiques, et, sans tomber dans un excès contraire, il profite des belles recherches dont le tunnel du Simplon a été l'occasion, pour montrer que la plus grande partie de l'ancien archéen de cette région des Alpes doit être rattachée aux formations sédimentaires. Émettons le vœu que, pour une prochaine édition, l'auteur veuille bien nous donner un coup d'œil d'ensemble sur l'archéen des régions tropicales africaines sur lesquelles la somme de documents commence à devenir assez importante pour justifier une première synthèse.

Abordant ensuite l'étude des formations sédimentaires, l'auteur y trouve d'abord l'occasion d'une importante et heureuse correction à ses éditions précédentes par la création du système précambrien. Quelle que soit l'opportunité d'élever au rang de système ce terrain considéré par lui primitivement comme subordonné au système suivant, je félicite vivement l'auteur de cette modification. Les recherches de l'avenir nous diront l'importance de cette coupure nouvelle, mais il importait de lui enlever au plus tôt un nom, celui d'étage ardennais, qui présup-

posait que l'ardennais de Belgique pût ne pas être du vrai cambrien. Pour tous les géologues belges, sans exception, depuis longtemps, et spécialement pour ceux qui ont eu l'occasion de comparer l'ardennais de Belgique au cambrien classique du Pays de Galles, le synchronisme complet ne peut faire l'ombre d'un doute, non seulement pour les strates fossilifères à Dictyonema, mais pour toutes les couches sous-jacentes. Et puisque je suis ici sur la question du cambrien belge, je me permettrai de faire observer que, pour moi, comme pour la plupart des géologues belges, la classification du cambrien belge par Dumont n'a pas encore été trouvée suffisamment en défaut pour qu'il y ait grand intérêt à la modifier sensiblement, malgré les belles recherches de MM. Gosselet et Malaise.

Arrivant ensuite à l'examen du système silurien, nous voyons avec plaisir que la classification de ce système si intéressant semble avoir pris une forme suffisamment stable pour pouvoir subir l'épreuve d'éditions ultérieures sans nouvelles modifications. Certes, il y aura encore des gens qui trouveront à y redire, car il est de ces géologues qui ont la spécialité de ces bouleversements de classements, mais la stabilité a bien aussi ses avantages, ne fût-ce qu'au point de vue didactique. Il ne serait pas possible, dans un compte rendu nécessairement restreint, de passer en revue, même sommairement, toutes les nouveautés signalées dans la description des terrains. C'est presqu'à chaque page que l'on voit renseignés les travaux les plus récents et qu'éclate le souci de l'auteur de tenir à jour cette partie si importante de son œuvre. On me pardonnera de faire un peu de particularisme et de me borner à montrer combien les progrès de la géologie belge ont trouvé dans M. de Lapparent un interprète assidu et bienveillant, et c'est justement en m'autorisant de cette bienveillance que je me permettrai, chemin faisant, de lui signaler quelques points laissés dans l'ombre.

Le système carbonifèrien intéresse tout particulièrement l'éminent professeur, si on en juge par le soin tout particulier et par les développements qu'il a donnés à cette partie de son travail.

Ainsi pour la Belgique, les nombreux travaux auxquels a donné lieu la classification du dinantien sont fort exactement résumés, et il en est de même pour toutes les découvertes de nouveaux bassins houillers dont l'Europe occidentale a été le théâtre dans ces dernières années. On trouvera aussi, à propos du même système, l'exposé des idées nouvelles sur la trans-

formation des végétaux en charbon, sur la position systématique de végétaux houillers jadis classés comme cryptogames, sur les accidents tectoniques qui se rencontrent dans les bassins franco-belges, sur la répartition des faunes et des flores houillères et l'usage qu'on peut en faire au point de vue de la détermination de l'âge des terrains, pour ne signaler que les faits les plus saillants.

Concernant l'origine du célèbre poudingue de Malmedy, je me permettrai de faire remarquer qu'il a été l'objet de la part de M. Renier d'une étude remarquable et qu'il n'est plus possible de maintenir l'opinion de M. Gosselet concernant la formation de ce poudingue. Un fleuve qui a traversé un lac ne renferme plus aucun sédiment, à plus forte raison de cailloux qu'il pourrait aller jeter dans un lac inférieur ; et quant à la direction du courant qui a charrié les cailloux de ce poudingue, il était bien certainement dirigé de l'Eifel vers Rochefort, et non de Rochefort vers l'Eifel, comme le prouve à l'évidence la nature des cailloux du poudingue.

On trouvera aussi dans le tome II l'exposé des idées de M. Vandenbroeck concernant le classement des célèbres dépôts à Iguanodon de Bernissart.

Quant à la classification des formations belges allant du cénomanien au montien inclusivement, l'auteur continue à proposer les mêmes groupements que ceux qu'il avait donnés dans la quatrième édition. Je ne crois pas cependant que pendant les cinq années qui se sont écoulées entre les deux éditions, M. de Lapparent ait rallié un seul adhérent belge à ces idées en grande partie appuyées, semble-t-il, sur l'autorité de M. Munier-Chalmas. Tout spécialement il me semble que, après les nombreux travaux qui ont fixé l'âge du tufeau de Ciply, il est impossible de le rapporter au danien. Les bryozoaires et les petits brachiopodes daniens que contient ce tufeau n'ont rien à faire dans la question, puisqu'ils sont remaniés du danien sous-jacent. Quant à réunir le montien au danien, la chose est non moins impossible, puisqu'il n'y a entre eux absolument aucune connexion faunique. Si la faune du calcaire pisolithique est bien celle du montien, ce n'est pas une raison pour réunir le montien au danien, mais bien pour enlever le calcaire pisolithique au danien.

Si nous passons maintenant au tertiaire, nous y verrons que M. de Lapparent y développe les théories nouvelles de MM. Dollfuss et consorts qui modifient complètement les groupements

des étages landeniens et heersiens tels qu'ils figurent dans la légende toute récente de la carte géologique. Plus loin il réunit également en un seul étage les deux divisions que nous appelons en Belgique yprésien et panisélien.

Enfin, pour en finir sur ce sujet, nous dirons que l'on trouvera déjà résumés les travaux cependant absolument récents des géologues anglais, belges et hollandais sur la question des étages les plus élevés du pliocène du bassin anglo-belge. Nous citons ce dernier fait surtout pour montrer qu'avec M. de Lapparent on est sûr de ne jamais être en retard pour les questions qui ont le plus d'actualité.

Le chapitre du quaternaire a été suffisamment retravaillé pour nous tenir au courant des travaux nombreux exécutés dans ce domaine si obscur de la géologie. Nous exprimerons seulement le regret de ne pas y voir l'exposé et la critique par l'auteur des théories de M. Arrhénius sur les causes de la période glaciaire. Ces théories, à coup sûr très ingénieuses, auront toujours en cet avantage d'ouvrir des voies nouvelles pour l'explication de certains phénomènes géologiques encore peu élucidés. A noter aussi quelques heureuses ajoutes dans les chapitres traitant des gisements éruptifs et des formations métallifères. Profitant de travaux récents, M. de Lapparent a fortement étendu ce qui concerne la genèse des gîtes métallifères.

Mais, pour finir, il nous reste à parler de la partie de son travail qui a le plus bénéficié des dernières découvertes sensationnelles. Je veux parler de la question de l'origine et du mode de formation des montagnes. C'est pour cela surtout que l'on pouvait attendre avec impatience son exposé critique des théories nouvelles, qui depuis quelques années se sont suivies avec une telle rapidité, enchérissant (je n'oserais dire chevauchant) les unes sur les autres, au point qu'il devient presque impossible à ceux qui ne sont pas dans le mouvement, de les suivre.

On sait comment, depuis fort peu d'années, nos idées sur l'orogénie sont bouleversées par la notion des grands charriages et des chevauchements. Appliquant des idées nouvelles et fécondes, quelques géologues, parmi lesquels nous citerons en première ligne MM. Bertrand, Termier, Haug et Lugeon, ont renouvelé complètement la face de nos connaissances sur la structure si intéressante des régions alpines, et donné, pour la première fois, des explications satisfaisantes de questions comme celles des klippes et des schistes lustrés des Alpes,

questions qui, pendant tant d'années, s'étaient dressées comme des sphinx devant le monde géologique. Il y aura profit à suivre l'exposé de ces théories captivantes sous la conduite d'un guide au jugement aussi sûr que M. de Lapparent.

Nous ne déposerons pas la plume sans exprimer le souhait de voir l'auteur, dans la prochaine édition de son magistral *Traité*, compléter les toutes dernières pages de son livre, celles où il expose, de façon si élevée, les théories cosmogoniques. Comme il le dit si bien, une théorie cosmogonique procède nécessairement de l'ensemble des progrès accomplis dans tous les domaines de la science. Ces théories sont donc nécessairement des étapes qu'il faut successivement franchir pour s'approcher de plus en plus d'une perfection qu'elles sont encore loin d'atteindre. C'est ainsi que les théories de M. Faye ont remplacé et amélioré les idées de Laplace. De même, les progrès accomplis ne permettent plus d'admettre dans leur intégrité toutes les théories de M. Faye. Nous serions heureux de voir l'opinion de M. de Lapparent sur le système cosmogonique de M. du Ligondès, dont le nom n'est point inconnu aux membres de la Société scientifique, qui savent tous que ce savant mathématicien est des leurs. Imparfait vraisemblablement comme le sont toutes les œuvres humaines, ce système nous paraît cependant réaliser un progrès sur ses devanciers et nous fait assister d'une façon plus logique à ces grandioses phénomènes de la naissance du monde.

Nous avons plus d'une fois fait allusion, dans les pages qui précèdent, à la prochaine édition du *Traité de géologie*. Quoique nous soyons dans notre pays et que nul n'y soit prophète, dit-on, nous sommes sûrs de ne pas nous aventurer, en prédisant que le succès de cette cinquième édition permettra à la sixième de ne pas se faire désirer plus longtemps que ses devancières.

X. Stainier.

XIII

The origin and influence of the thoroughbred horse, by William Ridgeway, M. A., V. B. A., Hon. D. Litt. 1 vol. de xvi-538 pages. — Cambridge, University Press, 1905.

Cet ouvrage n'intéressera le sportman ou l'éleveur que dans la mesure où ils seraient doublés d'un archéologue curieux ou

d'un zoologiste soucieux des problèmes d'origine. Aussi bien l'auteur a-t-il pour but, comme il le déclare, d'essayer d'une solution personnelle à l'un des problèmes les plus ardus de l'histoire du cheval : l'origine ancestrale de nos races domestiquées et leurs relations biologiques avec les types sauvages ou semi-sauvages.

L'originalité de cette tentative réside moins dans son objet — souvent poursuivi par ailleurs — et dans ses résultats — qui ne rallieront pas toutes les adhésions — que dans la *méthode* employée. La plupart des zoologistes attaqueraient la généalogie de nos pur-sang avec une documentation faite surtout, sinon exclusivement, d'éléments anatomiques et paléontologiques joints à quelques indices précieux déduits des lois de la distribution géographique des faunes. M. Ridgeway, grâce à sa compétence d'archéologue, peut puiser à d'autres sources : il utilise largement les informations d'ordre historique. Rien de mieux, car l'évolution des races chevalines fut en partie contemporaine des civilisations de l'antiquité. Ce point de vue nouveau a, du reste, l'avantage de rendre la présente étude abordable et attrayante pour des lecteurs cultivés qui ne seraient pas des professionnels de la zoologie.

Nous ne pouvons songer à développer ici la thèse de l'auteur, à suivre les vicissitudes et les infiltrations mutuelles des deux grandes familles d'*Equus caballus*, auxquelles peuvent se ramener respectivement les types prédominants du nord et du sud de l'Europe. Nous n'essayerons pas non plus de déceler la traînée si étendue de sang arabe dans la plupart des races européennes, puis, par une vaste induction, de rattacher une bonne partie de celles-ci au cheval barbe, au *Libyan horse*, que l'auteur appelle *Equus caballus libycus* et qu'il considère comme une race naturelle, constituée sur place, dans la région du nord de l'Afrique. Notons seulement que cette dernière opinion contredit — à tort ou à raison? — des vues qui semblaient prévaloir il y a peu de temps et qui se présentaient sous haut patronage (E. R. Lydekker. Proc. Zool. Soc. 1904).

Voici une idée de l'ordonnance des matières traitées par le Prof. Ridgeway. A un chapitre d'introduction sur " les ancêtres des Équidés ", font suite une revue et un classement des Équidés actuellement existants, puis un long (342 pages) et très intéressant chapitre sur les races de chevaux dans les temps préhistoriques et historiques : ici surtout l'érudition de l'auteur peut se donner carrière et achever de dépouiller son livre de cette

raideur guindée inhérente aux travaux de pure systématique. Enfin, une fois établies — par l'archéologie, par l'histoire et par l'observation — les multiples affinités du cheval bai nord-africain, restait à s'enquérir de l'origine de celui-ci : le chapitre IV s'intitule " l'origine du cheval libyen ". Le volume se termine par un chapitre qui ne se rattache qu'indirectement à la thèse générale : c'est un appendice sur " le développement de l'équitation ".

Le texte est appuyé de 143 excellentes illustrations.

J. M.

XIV

An elementary course in Mammalian Osteology, by the Rev. A. M. Kirsch, C. S. C., professor of Zoology in the University of Notre-Dame. 1 vol. de VI-110 pages. — Notre-Dame, Indiana, University Press.

Ce petit volume marque une adhésion de plus à une méthode d'enseignement qui s'impose de toute évidence en histoire naturelle. Il ne suffit pas au jeune naturaliste d'être un prodige de réceptivité et d'enregistrer passivement, dans une mémoire complaisante, les — combien fastidieuses! — nomenclatures qui surchargent ses programmes. S'il n'arrive à *vivre* un peu sa science, à voir, à toucher, à expérimenter le plus possible, ce qu'il nomme, toute sa " capacité " spéculative et abstraite, fût-elle servie par les plus brillantes aptitudes verbo-motrices, ne lui fera pas dépasser la médiocrité, parce que, dans les sciences expérimentales, il faut autre chose qu'une documentation livresque : il faut le sens et l'intelligence du fait concret et sensible. Quoi qu'il en soit de l'importance qu'il convient d'attribuer à l'ostéologie dans les divers programmes d'études, on reconnaîtra que cette branche se prête excellemment à un enseignement intuitif. On ne peut que féliciter le R. P. Kirsch d'avoir conçu son manuel de telle façon qu'il rende indispensables la présence dans la salle de cours et la manipulation par chaque étudiant des pièces ostéologiques dont le professeur signale les particularités. Nous croyons que les élèves du R. P. Kirsch, après avoir pratiqué les exercices qui concrètent chacune des onze leçons de leur manuel, non seulement connaîtront d'une manière très satisfaisante le

squelette de Mammifères, mais auront dans l'intervalle développé cet esprit d'observation attentive et méthodique, que devrait posséder à forte dose tout médecin et tout homme de science.

J. M.

XV

Le Sorgho dans les vallées du Niger et du Haut-Sénégal. *Culture, récolte, préparation, commerce*, par M. Dumas. — Paris, Aug. Challamel, rue Jacob, 17, 1906 (1905).

Le sorgho est le fruit d'une graminée des plus variables, l'*Andropogon Sorghum* ou *Sorghum vulgare*. Il forme la base de la nourriture des indigènes, dans la région considérée par l'auteur, et est d'un usage assez courant dans toute l'Afrique. M. Dumas en distingue huit variétés qui possèdent des propriétés différentes au point de vue de la consommation, de la conservation et de la facilité de culture. Il indique sommairement les caractères de ces variétés qui, d'après lui, semblent assez faciles à distinguer au point de vue botanique; il passe en revue les modes de culture et de récolte, les maladies auxquelles la plante est exposée et ses principaux ennemis. Il signale ses usages, parmi lesquels nous citerons, en dehors de son emploi comme nourriture de l'homme, son utilité dans la préparation d'une sorte de liqueur fermentée que ne dédaigne pas l'Européen. On est même parvenu, en préparant soigneusement cette boisson fermentée et en y ajoutant du houblon, à en faire une véritable bière. C'est généralement à la femme qu'est dévolue, là-bas, la fonction de brasseur, et le secret d'une bonne fabrication dépend du maintien d'un ferment bien sélectionné.

Des observations réunies par l'auteur, il est permis de conclure qu'une culture de sorgho, faite à l'aide d'un matériel agricole perfectionné, coûterait, pour une surface de 5 hectares, 142 fr. 75, et donnerait un rendement de 1500 kilos au moins par hectare, soit au total 7500 kilos, qui, vendus à 10 centimes le kilo, rapporteraient 750 francs. Les bénéfices d'une telle entreprise justifieraient cette opinion que, dans les régions tropicales, il y aurait souvent plus d'avantage à faire des cultures vivrières qu'à entreprendre des cultures " riches ", dont la pro-

duction n'est pas assurée et dont la valeur des produits est soumise à des variations considérables.

Le travail de M. Dumas, bien que très spécial, mérite d'être pris en considération par les colons et les sociétés agricoles de l'Afrique tropicale occidentale et centrale.

É. D. W.

XVI

Le Rafia. *Exploitation, utilisation et commerce à Madagascar*, par M. Deslandes. Une broch. de 50 pages. — Paris, Aug. Challamel, rue Jacob, 17, 1906 (1905).

Le *Rafia* de Madagascar, tel qu'il se présente généralement dans le commerce, provient d'un palmier, le *Raphia Ruffia*, très répandu dans la grande île où il abonde surtout dans les zones marécageuses. C'est une des plus jolies plantes de la flore indigène. Les feuilles ont des folioles qui atteignent jusqu'à $1^{m},80$ de longueur ; le rachis est de la grosseur du bras. D'après la consciencieuse monographie de M. Deslandes, le *Rafia* exploitable doit être âgé d'au moins 15 ans, mais ce n'est que vers l'âge de 40 à 50 ans qu'il atteint toute sa vigueur et c'est alors qu'il commence à fructifier.

Nous ne pouvons suivre l'auteur dans toutes les observations qu'il présente sur l'exploitation de ce palmier, sur l'utilisation des différentes parties de la plante, sur la préparation des fils etc. ; mais nous attirons l'attention du lecteur sur ce travail à un point de vue plus général : il constitue une monographie modèle dont la lecture apprendra à nos concitoyens qui résident en Afrique la manière de nous documenter sur les espèces similaires du continent. Il nous paraît certain que Madagascar n'est pas le seul pays capable de fournir un *rafia* utilisable ; l'Afrique occidentale, très riche en spécimens du même genre, doit posséder, parmi les nombreuses espèces du genre, quelque plante de valeur. La monographie de M. Deslandes, qui décrit soigneusement la préparation du rafia, pourra servir de guide aux agents coloniaux pour tenter des expériences. Pour les y encourager rappelons que, en 1904, le rafia a fait l'objet, pour Madagascar, d'une exportation de 3 333 044 kilos d'une valeur de 2 077 997 francs ; en 1902, la valeur de l'exporta-

tion n'atteignait que la moitié de ce chiffre, ce qui démontre le développement de cette industrie locale.

É. D. W.

XVII

Culture et Industrie du Manioc. Étude faite à la Réunion, par L. Colson et L. Chatel. — Paris, Aug. Challamel, 1906.

Parmi les plantes coloniales les plus utiles, figure le *Manihot utilissima* qui fournit le manioc, matière alimentaire en usage dans toutes les régions tropicales. Les auteurs du livre que nous signalons, frappés des divergences d'opinions exprimées sur ce produit dans les périodiques spéciaux, ont voulu apporter leur contribution à l'étude de cette plante en fournissant aux coloniaux la synthèse des renseignements qu'ils ont recueillis à la Réunion, où non seulement ils ont vu cultiver le manioc pour les usages locaux, mais où ils l'ont vu exploiter industriellement.

Ils divisent leur étude en trois parties. Dans la première, après avoir esquissé sommairement — trop sommairement peut-être — les caractères botaniques du type et des variétés, ils passent à la culture proprement dite en insistant sur la nécessité de l'amendement : le calcul des substances minérales enlevées au sol par la culture de cette plante montre, en effet, combien elle est épuisante.

Ils insistent aussi, dans ce même chapitre, sur l'emploi du manioc dans l'alimentation de l'homme et du bétail, dans l'industrie des apprêts, et sur sa transformation en tapioca et fécule.

La deuxième partie est consacrée à l'étude industrielle ; les auteurs partent du produit brut et décrivent les phases par lesquelles il doit passer avant d'être transformé en tapioca ou en fécule. La partie technique est ici des plus intéressantes ; nous signalerons, en particulier, les paragraphes consacrés à l'exposé des frais et des bénéfices résultant d'une entreprise industrielle coloniale de fabrication de tapioca et de fécule : avec un capital de 400 000 francs, on peut, tous frais déduits, espérer obtenir sans trop de difficulté 25 % de bénéfices.

La troisième partie est consacrée à des annexes : comptes divers de vente, d'achat, de transport ; importation et exporta-

tion en France, en Angleterre et en Allemagne de divers farineux ; exportations d'autres pays producteurs ; exposé des motifs qui réclament des lois relatives aux tarifs de ces divers produits.

Bien que le sujet soit traité ici plus spécialement au point de vue de la Réunion et de la France, il y a cependant pour les colons d'autres pays beaucoup à prendre dans ce volume. Il serait à souhaiter que les auteurs, qui possèdent si bien leur sujet, voulussent préparer un travail d'ensemble sur ce produit, car il n'est pas inutile d'insister sur cette vérité, que parmi les produits de culture facile et considérés souvent comme sans valeur, il en est dont on peut retirer des bénéfices certains.

É. D. W.

XVIII

Kalender für die Baumwollindustrie, 1906. Jahrbuch für Kaufleute und Industrielle der Baumwollbranche, 27 Jahrgang.— Leipzig, H. A. L. Degener, 1906.

Ce petit volume paraît pour la vingt-septième fois. Loin de diminuer, son intérêt s'accroît, maintenant que le coton est un des produits les plus à la mode, et l'un de ceux qui, avec le caoutchouc, voient leur consommation augmenter presque journellement. Nous ne pouvons signaler tous les renseignements utiles et intéressants qu'il renferme et dont l'indication sommaire de la table des matières a exigé quatre pages de texte serré. Bornons-nous à quelques données générales. Le livre s'ouvre par une courte notice historique. On y lit que le coton est une plante très anciennement utilisée ; chez nous, au XIIe et au XIIIe siècles, on fabriquait des vêtements de coton. Ce furent des Belges, des Flamands, qui transportèrent cette industrie en Angleterre, où elle est devenue des plus florissante. On compte, en effet, dans ce pays plus de 48 000 000 de broches, alors que, dans toute l'Europe continental, il n'y en a guère plus de 34 055 000 et aux États-Unis 22 000 000. Ces derniers sont cependant les plus forts producteurs de coton, mais jusqu'ici, une forte quantité de la production est exportée.

Un coup d'œil sur les statistiques du *Kalender* montre l'accroissement considérable de broches dans presque tous les pays ;

c'est en Chine et au Japon que cet accroissement a été, dans ces dernières années, proportionnellement le plus considérable; ainsi, au Japon, le nombre des broches a passé, de 1890 à 1901, de 380 000 à 1 500 000.

Si l'on veut se faire une idée de la consommation annuelle du coton, qui augmente à la fois sur le continent européen, aux États-Unis et aux Indes, il suffit de consulter les chiffres suivants établis pour l'année 1903-1904 (1er septembre au 30 août).

Consommation :

Angleterre	2 977 000 balles
Continent européen	5 148 000 „
États-Unis	3 775 000 „
Indes	1 254 000 „
Total	13 154 000 balles

La production totale s'était élevée pendant la même période :

Indes . . . . . à	3 965 000 balles
Brésil et divers.	1 200 000 „
Égypte.	866 000 „
États-Unis	13 561 000 „
Total	19 592 000 balles

dont une partie naturellement est manufacturée dans le pays d'origine.

Nous n'insisterons pas sur les chapitres qui s'adressent directement aux industriels et où ils trouveront des renseignements précieux sur les machines, le produit brut, l'entretien, etc. Citons cependant un paragraphe utile à tous les travailleurs, celui où l'on donne la valeur des poids, mesures et monnaies des divers pays. En résumé, le *Kalender* est le *vade-mecum* obligé de tous ceux qu'intéresse le coton.

É. D. W.

XIX

Commercial Geography, by H. Gannett, C. L. Garrison and E. J. Houston. — New-York, American Book Company, 1905.

Au moment où l'on parle tant chez nous d'extension économique mondiale, il nous paraît intéressant de signaler la publi-

cation de ce manuel élémentaire, bien propre à faire pénétrer dans les masses des idées sur la géographie économique et commerciale qui, malheureusement, font encore si grandement défaut chez nous.

L'ouvrage compte plus de 400 pages ; des figures et de nombreux diagrammes aident puissamment le lecteur à s'orienter dans cette science relativement neuve mais d'une si grande importance aujourd'hui.

Il est divisé en trois parties. Dans la première, on envisage les conditions commerciales, climatériques, topographiques, sociales, manufacturières et financières ; dans la seconde, on aborde l'étude des produits commerciaux, qui précède tout naturellement celle du sol et de sa culture ; enfin dans la troisième partie, viennent des monographies spéciales relatives aux divers pays du monde, toutes taillées sur le même modèle et par conséquent comparables entre elles.

Les États-Unis de l'Amérique du Nord y sont placés naturellement au premier plan, ce qui nous permet une fois de plus de juger des progrès accomplis dans ces régions admirablement favorisées par toutes les conditions aidant le commerce et son extension. En 1904, le commerce des États-Unis avait atteint une valeur de 2400 millions de dollars dont 1000 millions à l'importation et 1400 millions à l'exportation ; sous ces deux aspects de trafic, c'est l'Angleterre qui occupe le premier rang. Notre petite Belgique ne compte guère dans le commerce d'importation américaine ; nous envoyons sans doute quelques produits en Amérique, mais leur valeur est très faible ; pour l'exportation américaine, la valeur des marchandises reçues par nous comporte environ 7 % du commerce total d'exportation des États-Unis.

Le livre des trois professeurs américains mérite d'être mis entre les mains de tous ceux qui, chez nous, abordent les études commerciales et consulaires ; et tous les professeurs de géographie y puiseront des données qui leur permettront de rendre plus attrayants leurs cours de géographie physique.

E. D. W.

XX

Expédition antarctique belge. — Résultats du voyage du S. Y. Belgica, en 1897-1898-1899, sous le commandement de A. de Gerlache de Gomery. — *Rapports scientifiques*, publiés aux frais du Gouvernement belge, sous la direction de la Commission de la *Belgica*. Botanique. *Les Phanérogames des Terres Magellaniques*, par É. De Wildeman, Conservateur au Jardin botanique de l'État à Bruxelles. Grand in-4° de 222 pages et 23 planches. — Anvers, Impr. J.-E. Buschmann, 1905.

Au cours de l'Expédition antarctique de la *Belgica*, les observations botaniques furent départies à M. É. Racovitza. Cet explorateur dut se contenter de récolter et de préparer les matériaux, et c'est M. É. De Wildeman, 1er Conservateur au Jardin botanique de l'État à Bruxelles, qui a été chargé de leur détermination et de leur publication, pour ce qui concerne la flore phanérogamique. D'autres savants, belges ou étrangers, ont été chargés de la partie cryptogamique.

M. De Wildeman était tout désigné pour cette tâche importante. Ses nombreux et savants travaux sur la flore *exotique*, et spécialement sur la flore du Congo belge, lui ont valu depuis longtemps un rang distingué parmi les botanistes descripteurs. Personne ne s'étonnera donc que nous ayons surtout des éloges à lui adresser pour cette nouvelle publication.

M. De Wildeman divise son travail en trois parties :

I. Énumération systématique des Phanérogames, récoltées par M. É. Racovitza, pendant la croisière vers le Pôle sud du S. Y. *Belgica*.

II. Énumération systématique de la flore austro antarctique américaine (Phanérogames).

III. Tableaux statistiques de la flore austro-antarctique américaine (Phanérogames).

Comme on le voit, les matériaux rapportés par M. Racovitza ne font l'objet que de la 1re partie. Ces matériaux, en effet, sont relativement assez peu nombreux.

Pour donner plus de portée à son travail, M. De Wildeman a compulsé tout ce qui a été publié jusqu'ici sur la dispersion des *Phanérogames dans les Terres Magellaniques*. Par là, il a rendu grand service à ceux qui devront, dans la suite, s'occuper de la flore de ces terres australes : ils trouveront réuni, en un seul

volume, tout ce que l'on connaît sur la végétation de l'Amérique continentale subantarctique, sur la végétation de la Terre de Feu, des Iles Clarence, Hoste, Navarin, Londonderry, Smoke, Dawson, Camden, Basket, de l'Ile des États, etc.

La *nature* même de la flore dont il s'agit, nécessitait en quelque sorte la méthode qui a été suivie. " Les nombreux îlots, dit l'auteur dans son *Introduction*, p. 3, intermédiaires entre la terre ferme de l'Amérique et les îles de l'Archipel, établissent de multiples et indéniables rapports entre la flore de ces deux domaines, dont l'étude ne peut être faite séparément. "

Les plantes qui font l'objet de la 1re partie (pp. 6-32) et qui ont été récoltées par M. Racovitza, pendant les années 1897-1898-1899, comprennent 97 espèces et variétés ; elles se répartissent entre 75 genres et appartiennent à 36 familles différentes.

Il peut être intéressant, pour le botaniste belge, de savoir si nos espèces indigènes ont des représentants dans ces contrées éloignées. Voici, parmi les espèces rapportées par M. Racovitza, celles qui font partie de la flore belge : *Aira flexuosa* L., *Poa annua* L., *Triticum repens* L., var. *pungens* Brongn., *Rumex acetosella* L., *Cerastium arvense* L., *C. vulgatum* L., *Stellaria media* Cyr., *S. nemorum* L., *Cardamine amara* L., *Capsella Bursa-pastoris* Moench, *Trifolium repens* L., *Apium graveolens* L., *Plantago maritima* L., *Galium Aparine* L., *Bellis perennis* L., *Senecio vulgaris* L. et *Taraxacum officinale* Weber.

Dans la 2e partie (pp. 33-182), comme nous l'insinuions plus haut, M. De Wildeman dresse l'inventaire de toutes les espèces et variétés, observées à la surface des Terres Magellaniques, c'est-à-dire dans la zone américaine continentale subantarctique et dans les 26 îles du voisinage qui ont été visitées jusqu'à présent. Les ouvrages qui ont été mis à contribution à cet effet sont la *Flora antarctica* de Hooker, ainsi que les publications de Franchet, Hariot, Spegazzini, Philippi, Alboff, Dusen, etc.

Les explorations récentes ont fourni des renseignements botaniques au sujet de certaines îles dont la flore était complètement inconnue ; pour d'autres, elles ont enrichi les rares données que l'on possédait jusqu'à présent. Mais, en général, la flore *côtière* seule a été étudiée ; peu de naturalistes ont pu pénétrer jusque dans l'intérieur des îles et c'est là, peut-être, qu'on trouverait les représentants de la flore ancienne, que ni l'homme, ni les animaux importés n'ont encore pu influencer. C'est assez dire qu'il y a encore à faire et à trouver, dans ces régions enveloppées de mystère.

L'auteur convient que, malgré ses recherches, son travail présente peut-être certaines lacunes ; mais, ajoute-t-il, le relevé est suffisamment complet pour démontrer que la dispersion des espèces est loin d'être intégralement connue.

Essayer, par conséquent, de tirer des conclusions absolues, d'établir des lois géo-botaniques, serait absolument prématuré : toutes les conclusions ne peuvent être que *provisoires*.

La 3e partie (pp. 183-202) contient les *Tableaux statistiques* de la flore austro-antarctique américaine. Ces tableaux sont d'un usage éminemment pratique et expéditif. Dans la colonne de gauche sont inscrits les noms des espèces végétales ; puis viennent 27 colonnes, portant, en tête, le nom d'une des îles ou des régions explorées ; un trait horizontal, figuré dans ces colonnes, indique la présence de l'espèce dans la région correspondante ; l'absence de trait signifie qu'elle y est inconnue jusqu'à présent. Un simple coup d'œil, jeté sur ces Tableaux, suffit pour indiquer immédiatement la répartition, dans ce domaine floral, des 539 espèces et variétés qu'il contient.

Ce qui frappe, à première vue, c'est la grande ressemblance de la flore de la Terre de Feu et de la flore de l'Amérique continentale subantarctique ; elles paraissent aussi considérablement plus riches que celles des 25 îles voisines, explorées jusqu'à ce jour. Il est juste d'ajouter, d'autre part, que ce sont précisément ces deux flores qui ont été le plus étudiées et qui sont le mieux connues, à l'heure présente. Il paraît probable qu'une grande partie des éléments qui les constituent se retrouveront sur les îles avoisinantes, quand l'exploration de ces dernières aura pu être faite plus en détail. “ Rien, en effet, dit M. De Wildeman, p. 202, dans les conditions climatériques et géologiques ne semble différencier fortement la Terre de Feu des îlots voisins, et la flore qui recouvre ces vestiges d'un ancien continent aura certainement eu une origine unique ; seul l'homme a pu modifier, dans une certaine mesure, le tapis végétal des zones côtières d'îles fréquemment visitées. „

Une *Table alphabétique des noms spécifiques* (avec leurs synonymes) occupe les pp. 203-217. Les pages suivantes (218-222) donnent l'explication des 23 magnifiques planches qui terminent le volume.

E. P.

XXI

Fontenelle, par A. Laborde-Milaa. Un vol. petit in-8° de 176 pages de la collection des *Grands écrivains français.* — Paris, Hachette, 1905.

Ce volume, orné d'une héliogravure qui reprodnit la gravure de Dossier d'après le portrait de Fontenelle par Rigaud, est divisé en trois parties, consacrées respectivement aux tâtonnements et faux départs du héros, puis à son étude, d'abord comme vulgarisateur et ensuite comme philosophe et savant.

L'histoire des origines de Fontenelle est intéressante. Neveu des deux Corneille, il dut surtout au cadet, à Thomas. On sait en effet que celui-ci, non content de suivre, de loin, les traces de son frère, sut se tourner, à l'approche de la soixantaine, vers l'érudition et projeta la publication de dictionnaires plus ou moins encyclopédiques. En attendant, collaborateur important puis co directeur du *Mercure galant,* il réunissait chez lui ceux qui pouvaient le renseigner et aider à la rédaction. Là, on lisait sous le manteau, avant que le privilége ne fût accordé, la *Lettre sur la Comète* de Bayle, où la science s'unissait à un scepticisme déguisé. On voit que Fontenelle, arrivant de Rouen, tombait en un milieu bien propre à développer ses tendances naturelles. Ses débuts cependant ne furent pas tous heureux, et il mérita de figurer, comme écrivain bel esprit et prétentieux, sous le nom de Cydias, dans la galerie de La Bruyère.

Au sujet du vulgarisateur, de l'auteur de l'*Origine des Fables,* de l'*Histoire des Oracles,* de la *Digression sur les Anciens et les Modernes,* de la *Pluralité des Mondes,* des *Analyses et Extraits* académiques et des *Éloges* non moins académiques, M. Laborde-Milaà a écrit un chapitre intéressant, mais ne contenant rien d'imprévu.

Nous ne dirons pas la même chose du chapitre sur le philosophe et le savant, car là, l'auteur prétend établir que Fontenelle fit une série de découvertes originales. Laissons de côté les découvertes littéraires et arrivons de suite aux découvertes scientifiques et philosophiques.

Voici d'abord des idées " étonnantes pour l'époque ", d'après M Laborde-Milaà, contre la génération spontanée : " Tous les animaux qui paraissent venir ou de pourriture ou de poussière humide et échauffée, ne viennent que de semences que l'on

n'avait pas aperçues... Jamais il ne s'engendra de vers sur la viande où les mouches n'ont pu laisser de leurs œufs. Il en va de même de tous les autres animaux que l'on croit qui naissent hors de la voie de la génération. Toutes les expériences modernes conspirent à nous désabuser de cette ancienne erreur, et je me tiens sûr que, dans peu de temps, il n'en restera plus le moindre sujet de doute. „

L'auteur est si assuré que de telles idées étaient absolument originales aux XVIIe et XVIIIe siècles, qu'il ne donne aucune date (chose utile cependant quand il s'agit d'un écrivain resté actif jusqu'à près de cent ans) et n'indique pas l'écrit d'où est extraite cette citation.

Il eût été pourtant intéressant d'être fixé sur la date où Fontenelle s'exprimait comme on l'a vu, car, s'appuyant évidemment sur les expériences de Redi (1), Malebranche, en 1688, ne tenait pas un autre langage dans son *XIe Entretien sur la Métaphysique*. Écoutons-le :

" *Théotime*. — Il faut, Théodore, que je vous dise une expérience que j'ai faite. Un jour, en été, je pris gros comme une noix de viande, que j'enfermai dans une bouteille, et je la couvris d'un morceau de crêpe. Je remarquai que diverses mouches venaient pondre leurs œufs ou leurs vers sur ce crêpe, et que, dès qu'ils étaient éclos, ils rongeaient le crêpe et se laissaient tomber sur la viande, qu'ils dévorèrent en peu de temps ; mais comme cela sentait trop mauvais, je jetai le tout.

„ *Théodore*. — Voilà comme les mouches viennent de pourriture : elles font leurs œufs ou leurs vers sur la viande et s'envolent incontinent ; après que ces vers ont bien mangé, ils s'enferment dans leurs coques et en sortent mouches ; et le commun des hommes croit sur cela que les insectes viennent de pourriture.

„ *Théotime*. — Ce que vous dites est sûr, car j'ai renfermé plusieurs fois de la chair, où les mouches n'avaient point été, dans une bouteille fermée hermétiquement, et je n'y ai jamais trouvé de vers...

„ *Théodore*. — ... Qu'y a-t-il de plus incompréhensible qu'un animal se forme naturellement d'un peu de viande pourrie ? „

Quand Malebranche publiait cela, Fontenelle n'avait guère plus de trente ans : jusqu'à preuve contraire, nous croyons que ce dernier n'a fait que répéter ce qu'avait dit le métaphysicien de la

(1) *Esperienze intorno alla generazione degli insetti*, Florence, 1668.

vision en Dieu. Il eût d'ailleurs été assez intéressant de donner cette preuve pour que, de l'absence de toute indication à ce sujet, nous devions conclure que M. Laborde-Milaà n'a pas lu Malebranche.

Quoi qu'il en soit, cette question de la génération spontanée n'est qu'un détail. La vraie gloire de Fontenelle serait d'avoir propagé trois grandes idées *découvertes* par lui, en prenant le mot dans son sens strictement étymologique. Ces trois idées sont les suivantes : Tout dans la nature est soumis à des lois. Toutes les sciences se tiennent et se pénètrent, n'étant respectivement que les cas particuliers d'une science unique. Celle-ci ne doit être que la coordination de tous les phénomènes par des rapports mathématiques.

Sans doute, M. Laborde-Milaà reconnaît que ces idées émanent du cartésianisme scientifique ; mais ce serait Fontenelle qui les aurait mises au jour. Certes, nous ne prétendons point contester le mérite du neveu des Corneille ; mais il nous semble que la pensée de Descartes n'était point restée aussi méconnue qu'on veut bien le prétendre.

Si M. Laborde-Milaà avait lu Malebranche, il aurait su que ces pensées imprègnent son œuvre. Son idée dominante, son *Leitmotiv*, peut-on dire, quand il parle de la nature, c'est que Dieu y fait tout conformément à des volontés générales. C'est par là qu'il explique tous les désordres qu'on remarque dans la nature ; sans cesse il répète : " Vous savez que Dieu agit toujours d'une manière simple et uniforme ". Pour lui, le merveilleux de la Providence divine consiste dans la sage combinaison que Dieu a mise entre toutes les parties de l'univers, au temps de la création, par rapport aux lois générales de communication des mouvements. Ces lois générales sont la base de tout dans l'univers, puisque tout s'y réduit à l'étendue. Et, dès lors, toute la science se réduira à des lois mathématiques : " Comprenons bien, dit-il, que toutes les modalités de l'étendue ne sont et ne peuvent être que des figures, configurations, mouvements sensibles ou insensibles, en un mot, que des rapports de distance. " Conséquent avec lui-même, il affirmera, bien avant Euler, que les diverses couleurs sont dues à une plus ou moins grande multiplicité de vibrations en un temps donné.

Ces pensées sur les lois générales et leur caractère sont particulièrement développées dans les *Entretiens sur la Métaphysique*, qui datent de 1688, comme la première citation de Fontenelle faite à ce sujet par M. Laborde-Milaà ; mais elles

inspirent aussi ses œuvres antérieures, en sorte que Fontenelle n'a point eu à découvrir des pensées enfouies dans les œuvres de Descartes et restées lettre morte pour tous.

Aussi, quel que soit son mérite, il nous semble plus que jamais, après avoir lu l'intéressant petit volume dont nous venons de parler, que Fontenelle fut essentiellement un vulgarisateur, conformément à l'opinion commune. A vouloir l'élever trop haut, on courrait risque de le faire déprécier injustement.

G. Lechalas.

XXII

La Providence et le Miracle devant la science moderne, par Gaston Sortais, ancien professeur de philosophie. Un vol. in-12 de 191 pages. — Paris, Beauchène, 1905.

Que faut-il entendre par " Science moderne „ ? Nous parlons ici des sciences expérimentales.

Au sens ordinaire des mots, cela doit signifier la science *contemporaine*, laquelle est moderne par rapport à ce qu'elle était au siècle précédent et aux siècles antérieurs, chacun de ceux-ci étant moderne par rapport aux siècles écoulés auparavant. A ce point de vue, la science dite moderne n'a d'autre avantage sur celle qui l'a précédée que d'être venue après elle et, partant, d'avoir pu profiter des travaux et des découvertes de celle-ci, pour progresser à son tour dans la voie évolutive de l'esprit humain et préparer de nouveaux progrès à la science future, à la science de demain.

Mais ce n'est pas ainsi qu'on l'entend généralement. Pour une certaine école, la science n'est *moderne* qu'autant que, sortant de son rôle d'expérimentation, de classement des faits et de construction de théories destinées à relier ces faits entre eux, elle fait invasion dans un domaine qui n'est pas le sien, pour prétendre anéantir toute métaphysique et par suite toute religion, voire tout théisme : ce qui est en effet assez moderne.

C'est contre cette insoutenable thèse que s'élève victorieusement M. Gaston Sortais dans l'excellent volume dont le titre figure en tête de cet article. Et nous défions bien quiconque de répondre à l'argumentation serrée de l'auteur autrement que

par des faux-fuyants, des affirmations sans preuves et des échappatoires peu dignes d'une discussion sérieuse.

Renouvelant en les aggravant l'erreur et l'inconséquence d'un grand penseur de la première moitié du siècle dernier, un haut dignitaire de l'enseignement public, philosophe, professeur en Sorbonne, M. Séailles, puisqu'il faut l'appeler par son nom, prétend nous enseigner non seulement " comment les dogmes finissent ", mais encore et surtout " pourquoi ils ne renaissent pas ". Double erreur, dont, avec un peu de bon sens, d'observation et de bonne foi, il est facile de montrer la faiblesse et l'inanité ; mais on ne parvient que trop, à l'aide de phrases sonores, d'assertions gratuites et de fausses interprétations, à faire pénétrer cette erreur dans les esprits simplistes en la leur donnant comme des conséquences inéluctables de la fameuse *Science moderne*.

C'est principalement dans un ouvrage intitulé les *Affirmations de la conscience moderne*, que M. Séailles étale ses assertions dogmatiques, bien que d'un dogmatisme à rebours, mais que n'appuie aucune démonstration sérieuse. Et, à ce propos, qu'il nous soit permis d'ouvrir ici une parenthèse. D'une part, faire appel à la conscience *moderne*, n'est-ce pas supposer que les hommes " modernes " sont faits d'une autre pâte que les hommes des générations précédentes? Est-ce que la conscience humaine, en tant que telle, varie ? Ce qui varie, c'est l'étendue des connaissances, ce sont aussi les passions, les erreurs qui se succèdent parallèlement aux développements légitimes de l'esprit humain. Mais depuis Socrate et Platon, et même avant qu'ils n'en eussent formulé la loi, le " connais-toi toi-même, *nosce teipsum* " a toujours été et sera toujours la base inébranlable de la conscience humaine. D'autre part, M. Séailles, qui repousse tout dogmatisme aussi bien métaphysique que religieux, que fait-il autre chose que du dogmatisme, quand il affirme superbement que les progrès de la science " moderne " ont définitivement aboli tout théisme, c'est-à-dire toute notion d'un Dieu personnel, d'un Créateur et Ordonnateur du monde ? Nous verrons tout à l'heure sur quoi il prétend appuyer cette condamnation sommaire. Mais quoi de plus dogmatique que de telles assertions : " Depuis trois siècles les progrès continus de la science positive ont ruiné la conception esthétique et morale de l'Univers "? Par suite, il ne saurait être question d'un Être suprême l'ayant créé, d'une Providence le gouvernant, d'une grandiose harmonie entre le monde en ses multiples parties et son divin Ordonna-

teur ; encore moins de miracles et de causes finales, concepts puérils qui s'évanouissent avec toute la métaphysique aristotélicienne et médiévale, à la lumière grandissante de la science " moderne ". Si ce n'est là le propre texte de notre contradicteur, c'est bien exactement le sens de ses affirmations.

Rendons-lui toutefois cette justice qu'il ne confine pas la " science moderne " dans les cinquante ou soixante dernières années, puisqu'il veut bien lui concéder trois siècles d'existence. Mais alors, il n'y a qu'à examiner ce qu'ont pensé, durant cet intervalle, les grands savants, ceux qui, par leur génie et leurs découvertes, ont été les promoteurs de la marche en avant des sciences et de l'esprit humain. Et M. Sortais a beau jeu de citer, par ordre chronologique : Képler, l'illustre astronome, pour qui " la connaissance du vrai se ramène à repenser les pensées du Créateur "; Galilée lui-même qui, nonobstant les ardentes sympathies que lui a vouées tout le clan libre-penseur, n'en lisait pas moins la grandeur de Dieu " dans le livre ouvert du ciel " ; Newton, qui, dans son livre à jamais célèbre des *Principes de la philosophie naturelle,* a écrit de si belles pages sur la grandeur, la souveraineté et la providence de Dieu ; Descartes, cet illustre penseur, si grand admirateur de la Beauté divine (Cf. notamment ses *Méditations* IIIe et Ve) ; Leibniz, l'immortel inventeur du calcul infinitésimal, qui voyait dans les causes finales, si cavalièrement niées par M. Séailles, " l'une des plus efficaces et des plus sensibles preuves de l'existence de Dieu *pour ceux qui peuvent approfondir les choses* (Cf. les *Principes de la nature et de la grâce) ;* Laplace lui-même, que le professeur à la Sorbonne croit pouvoir nous opposer victorieusement, bien qu'il n'ait jamais tenu le propos inepte à lui prêté par la légende, mais fait au contraire très explicitement allusion à la " suprême Intelligence créatrice " (Cf. l'*Exposition du système du monde,* 4e édit.) ; Lamarck, le naturaliste évolutionniste, n'admettant l'apparition et l'organisation de la vie que comme l'œuvre " de l'Auteur suprême de la nature et des lois qui la constituent elle-même " (Cf. *Philosophie zoologique) ;* Agassiz, naturaliste plus célèbre encore, pour qui les systèmes d'exposition de la nature ne sont que " la traduction, dans la langue de l'homme, des pensées du Créateur " *(*Cf. *De l'espèce et de la classification en zoologie).*

L'érudit auteur que nous analysons ajoute encore à la liste des savants croyants des trois siècles de la " Science moderne ", Ampère, appelé par l'illustre Maxwell " le Newton de l'électri-

cité „ et qui était un catholique fervent ; LIEBIG, “ le plus grand chimiste de l'Allemagne „ au dire de Moleschott, un matérialiste avéré, celui-là, ce qui n'empêchait pas Liebig de reconnaître et d'admirer “ la sagesse du Créateur „ ; VOLTA disant hautement : *Non erubesco evangelium* ; FRESNEL, FARADAY, ROBERT MAYER, qui, soit dans leurs cours et conférences, soit dans leurs écrits, ont hautement proclamé l'œuvre créatrice et providentielle de la Divinité. Bien des noms, et non des moindres, manquent à cette énumération et notre auteur n'a garde de ne pas signaler, avec Cauchy, ceux de COPERNIC, FERMAT, PASCAL, GRIMALDI, EULER, GULDIN, BOSCOWITCH, GERDIL, FLAÜY. On peut citer encore CAUCHY lui-même, BIOT, J.-B. DUMAS, LE VERRIER, CHEVREUIL, PASTEUR, HERMITE, etc.

Il est vrai que l'on pourrait opposer à cette longue liste de savants et de hautes intelligences, d'autres savants sans convictions spiritualistes ou même franchement matérialistes et antithéistes. Mais déjà le seul fait que, dans toute la durée des temps que l'on qualifie de modernes, il se soit trouvé des hommes de science de premier ordre, et dans toutes les directions, pour reconnaître Dieu, le Dieu personnel et providentiel des théistes, comme le maître de la science et l'auteur souverain de la nature, ce seul fait suffit à renverser les aphorismes de M. Séailles. Mais il y a plus. C'est parmi les noms compris dans cette série que se trouvent les esprits de plus grande envergure, ceux à qui est le plus redevable de son avancement scientifique la pensée contemporaine. Et c'est bien en vain qu'on chercherait dans leurs écrits la moindre proposition dont on pût légitimement tirer quoi que ce soit infirmant la doctrine spiritualiste. Plus qu'un autre, M. Séailles devrait savoir tout cela ; et l'on peut à bon droit s'étonner d'une telle ignorance chez un membre du haut enseignement de l'État.

Quant aux savants hostiles, ce n'est jamais sur les vérités scientifiques par eux mises au jour que s'appuient leurs déductions matérialistes ou antispiritualistes ; c'est seulement sur des hypothèses injustifiées ou sur des propositions qu'ils y ont surajoutées et qu'ils ont puisées précisément, bien qu'arbitrairement, dans ce domaine métaphysique qu'ils affectent de nier et de mépriser. Nous aurons occasion de faire ressortir cette particularité significative.

Mais il est un camp retranché, une forteresse, où MM. Séailles, Goblet, Ch. Richer et autres pontifes de la soi-disant libre pensée, se retranchent et se croient inexpugnables : c'est l'impossi-

bilité du miracle, son incompatibilité essentielle avec les données de la science moderne, laquelle repose sur un déterminisme universel.

C'est là un principe posé *à priori* et impliquant le parti pris de n'accepter ni démonstration contraire, ni constatation de faits, ni preuve d'aucune sorte. Mais partir d'un principe théorique pour en déduire tout un système, qu'est-ce autre chose que faire de la métaphysique ? Il est vrai qu'on essaie d'appuyer le principe sur un semblant de preuve, à savoir que le miracle, fût-il possible, n'a jamais été constaté.

" *Nous* ne rejetons pas seulement le miracle, dit M. Séailles, parce que *nous* ne voyons pas qu'on ait jamais constaté, dans la suite des faits, l'intervention d'une puissance surnaturelle. Son idée ne trouve plus place dans *notre* esprit... Le miracle *nous* apparaît aujourd'hui comme un procédé puéril, enfantin, indigne d'une haute intelligence à laquelle il ne saurait convenir de troubler le règne des lois qu'elle a établie... Si *nous* n'admettons pas le miracle, c'est qu'il est rejeté par la conscience *(moderne,* naturellement) plus encore qu'il n'est nié par la science. „

Remarquons que si M. Séailles, en affectant de parler au pluriel, semble se poser en mandataire de tous les savants, il n'est cependant point d'accord non seulement avec les savants spiritualistes contemporains (cela va sans dire), mais pas même avec les savants de l'école positiviste. Ceux-ci, tels entre autres que Renan, Littré, Aug. Sabatier, M. Buisson, ne contestent nullement la possibilité intrinsèque du miracle ; leur thèse, c'est que le miraculeux, le surnaturel rentre dans la région de l'*inconnaissable* et échappe ainsi aux prises de la science. Leur signalez-vous un fait parfaitement authentique, comme la guérison instantanée, à Lourdes, d'une sourde-muette, ils vous répondront, comme Littré, par des généralités vagues et des raisonnements contradictoires ; mais du fait signalé, ils ne souffleront mot (1). Il est plus facile d'esquiver une difficulté que de la résoudre.

Revenons à ceux qui nient jusqu'à la possibilité en soi du miracle. Leur raisonnement est celui-ci : Si les lois de la nature n'étaient pas immuables, régies par un déterminisme absolu, la science serait impossible ; puis donc que le miracle est en contradiction avec le déterminisme, bien de la science, et que celle-ci existe, le miracle n'existe pas, ne peut pas exister.

(1) Voir dans le livre de M. Sortais, pp. 46 et 47, le récit détaillé de cette échappatoire peu glorieuse du célèbre positiviste, aux prises avec le P. de Bonniot.

Tout est contestable — et réfutable — dans les termes de ce syllogisme. Il n'est pas malaisé de démontrer que le déterminisme dans les lois de la nature n'est point absolu, mais conditionnel ; qu'il y a d'ailleurs des causes libres, telles les interventions de l'homme, qui plie ces lois de la nature à toutes les fins qu'il se propose. Et puisque l'homme, par son action volontaire et libre, modifie à tout instant les effets naturels des lois physiques, il n'y a aucune espèce de contradiction à ce qu'une cause supérieure à l'homme les modifie dans une mesure à laquelle l'homme lui-même ne peut atteindre.

Si le principe de déterminisme absolu, universel, était vrai, il n'existerait aucune liberté dans le monde et les actes les plus délibérés de la volonté humaine seraient déterminés par des lois aussi fatales que celles qui meuvent les flots de l'océan ou la gravitation des astres. Sans doute certains ne craignent pas d'aller jusque-là, mais c'est à l'encontre du témoignage du sens intime de chacun et de la conscience, cette fois, non seulement " moderne ", mais de tous les lieux et de tous les temps.

D'ailleurs, tout en faisant au déterminisme la part qui lui est due et qui s'étend à tous les phénomènes du monde matériel (soit inerte, soit vivant, mais que n'éclaire point le flambeau de la raison), le miracle, fût-il aussi fréquent qu'il est rare et exceptionnel, ne gênerait en rien l'expansion de la science. Les merveilles que l'homme accomplit, grâce aux progrès des connaissances et aux labeurs de son génie, ne sont-elles point, relativement à la nature qui lui est inférieure, de vrais miracles ? En quoi la marche ordinaire de la nature physique est-elle troublée et son étude rendue impossible du fait des chemins de fer, des automobiles, de la télégraphie avec ou sans fils et du téléphone ? Ces résultats sont cependant supernaturels, peut-on dire, relativement au cours ordinaire de la nature livrée à elle-même. Or le miracle proprement dit n'est autre chose, comparativement à l'homme et à ses moyens d'action, qu'un effet d'une puissance supérieure parfaitement comparable aux effets de la puissance humaine sur la portion de la nature qui lui est subordonnée. Car le miracle n'est pas, comme on le répète à " satiété ", une *dérogation* aux lois de la nature, encore moins une perturbation ou une violation de ces lois. Il est leur direction dans un ordre de moyens d'action supérieurs à ceux dont l'homme dispose. La guérison instantanée d'un os brisé ou d'une plaie purulente ne déroge pas plus aux lois de la nature que l'arrêt, par ma main ou mon pied, d'une pierre qui roule sur une pente et serait, sans

mon intervention, descendue jusqu'au fond de la vallée. Telle est d'ailleurs la doctrine de saint Thomas *(Summ. theol.*, Ia P., Q. 110, art. 4 ; — Q. 105, a. 6 et 7).

Bien d'autres considérations sont encore développées par notre auteur, qui établissent péremptoirement la possibilité du miracle. De plus, il oppose aux tenants du déterminisme absolu d'autres philosophes et d'autres savants comme MM. Boutroux, Fonsegrive, E. Rabier, de Lapparent, Poincarré, Duhem, sans parler de Descartes, de Robert Mayer et de tant d'autres.

La thèse *à priori* de l'impossibilité intrinsèque du miracle demeure donc insoutenable.

C'est là, à proprement parler, une " question de droit ". Il reste la " question de fait ".

Avant de la discuter, répondons d'un mot à l'assertion que le miracle est rejeté par la conscience " moderne ". S'il est vrai que, dans les temps primitifs et même beaucoup plus tard, bon nombre d'esprits naïfs aient indûment considéré comme miraculeux une foule de faits plus ou moins remarquables mais dont l'explication naturelle leur échappait, c'est tomber dans un excès contraire et non moins erroné, sinon plus encore, que de repousser jusqu'à la possibilité du miracle en s'appuyant, comme Jules Simon par exemple, sur l'immutabilité divine, qui, pense-t-il, serait détruite si Dieu " changeait ses lois ", ce qui reviendrait à dire qu' " il se change lui-même ". C'est oublier ce que Jules Simon lui-même cependant reconnaît ailleurs, à savoir la prescience, mieux nommée l'*omniprésence* de Dieu, qui, de toute éternité, connaît les prières et les vœux qui lui sont adressés dans tous les temps et a disposé ses décrets dans la mesure où il a voulu exaucer ces vœux et ces prières. Il n'est pas moins immuable dans une intervention miraculeuse ou particulièrement providentielle, que dans sa Providence générale assurant le cours ordinaire des lois qu'il a édictées. Leibniz, Euler et, de nos jours, plusieurs théologiens protestants eux-mêmes, ont reconnu et proclamé cette vérité. Pour être *au-dessus* des lois de la nature, les décrets divins ne sont pas contraires à ces lois.

Arrivons à la question de fait. Pour nos adversaires, le miracle, en admettant qu'il fût possible, n'a jamais été constaté. Ne leur opposez pas l'authenticité, la sûreté et la véracité des témoignages : cela ne compte pas pour eux. Il faudrait à leur sens qu'un miracle pût être constaté à la façon d'une expérience de laboratoire, produit et reproduit à volonté en présence d'un comité scientifique commis à cet effet. Voyez-vous Dieu obéis-

sant docilement aux injonctions capricieuses d'un groupe de créatures mettant en quelque sorte le Créateur sur la sellette ?

Mais est-ce qu'il n'est pas, dans l'ordre naturel, une foule de faits parfaitement constatables, constatés et admis par la science et sans que le laboratoire y soit pour rien ? Refusera-t-on de croire, en Europe, à la réalité d'un tremblement de terre ou d'une éruption volcanique brusquement surgie en Amérique ou en Asie, parce que ces phénomènes se sont produits sans qu'on les ait prévus et sans qu'on ait envoyé au préalable une commission pour les constater ? Nullement. On y croira sans hésitation sur le témoignage de ceux qui en auront été témoins, et sur les effets que ces phénomènes auront laissés aux lieux où ils se seront manifestés. On y croira, comme l'on croit, sur le témoignage de l'histoire, à l'existence de Napoléon, de Louis XIV, de Charlemagne ou de César.

Or, la réalité des miracles s'établit comme celle des faits historiques, soit que ces faits appartiennent à l'histoire de l'humanité ou à l'ordre des phénomènes matériels. C'est par le témoignage de ceux qui en ont été l'objet et de ceux qui en ont été témoins, et par les résultats acquis, qu'apparaît leur réalité, et cette constatation est aussi sérieuse, aussi probante, aussi inattaquable que celles qui se font au laboratoire. Par cela même que les miracles sont des faits exceptionnels, toujours fort rares d'ailleurs, ils échappent à toute répétition prochaine. Parce que la redoutable explosion de l'île de Krakoto en août 1883 ne s'est pas, fort heureusement, reproduite depuis lors, faudra-t-il la révoquer en doute ?

Reconnaissons donc que la prétention d'exiger, pour s'assurer de la réalité d'un miracle, sa reproduction à volonté devant des témoins choisis et spéciaux, n'est autre chose qu'un faux-fuyant peu sincère, impliquant par dessus tout le parti pris de se refuser à toute évidence plutôt que de laisser tomber une théorie préconçue.

A la suite de cette lumineuse démonstration, M. Sortais consacre un chapitre, et non des moins heureux, à un exposé de phénomènes miraculeux accomplis à Lourdes, ou à l'invocation de Notre-Dame de Lourdes, appuyés tous de constatations techniques les plus autorisées de médecins et de savants d'une compétence et d'une honorabilité hors de conteste. Il signale, entre autres, le fait de ce pauvre journalier belge, Pierre De Rudder, atteint depuis huit ans d'une fracture de la jambe accompagnée d'un œdème purulent, examiné à maintes reprises

par les médecins ayant tous conclu à la nécessité de l'amputation du membre lésé.

Nous n'avons pas à rappeler ici le fait de la guérison instantanée du pieux ouvrier, fait si bien exposé ici-même par trois docteurs médecins (1), ni à mentionner les nombreuses guérisons miraculeuses exposées dans les ouvrages du Dr Boissarie (2) et de G. Bertrin (3), et dont M. Sortais donne un excellent résumé. Mais il s'appuie surtout sur la guérison de Pierre De Rudder, qui implique, outre la soudure des os brisés, la création d'un fragment d'os (séquestre) tombé, pour poser ce dilemme : *ou le miracle ou la génération spontanée.* Encore que celle-ci, en supposant qu'elle existât, ne prouverait rien à l'encontre du Créateur, comme le démontre saint Thomas (*Summ. theol.* Pars 1a, q. LXX, art. 3, ad 3am). Mais enfin les expérimentations les plus minutieuses n'ont pu, jusqu'ici, constater aucun fait de génération spontanée, et la théorie n'en a plus cours dans la science. Il faut donc, si l'on veut expliquer les faits miraculeux dûment constatés en dehors d'une intervention supranaturelle, se rejeter sur une prétendue loi de la nature que la science " moderne " repousse.

C. DE KIRWAN.

XXIII

MONUMENTA JUDAICA. *Prima pars. Bibliotheca Targumica* (Erster Band, Erstes Heft). *Aramaia : Die Targumim zum Pentateuch.* Herausgegeben von AUGUST WÜNSCHE, WILHELM NEUMANN und MORITZ ALTSCHÜLER. Un vol. in-4° de XXI-58 pages. — Wien und Leipzig, im academischen Verlag, 1906.

La publication des *Monumenta Judaica*, dont le premier fascicule vient de paraître, s'annonce comme un événement impor-

(1) *Guérison subite d'une fracture, récit et étude scientifique,* par L. Van Hoestenberghe, Dr en médecine, R. Royer, Dr en médecine, A. Deschamps, S. J., Dr en médecine et en sciences naturelles, dans la REVUE DES QUEST. SCIENT., du 20 octobre 1899, t. XLVI. — Nous-même avons analysé ce mémoire dans la REVUE THOMISTE, mai 1900, sous ce titre : *Guérison subite d'une jambe cassée et gangrenée depuis huit ans.*

(2) *Lourdes : les grandes Guérisons.*

(3) *Histoire critique des guérisons de Lourdes.*

tant au point de vue scientifique. Pour l'historien des diverses religions qui sont redevables à la Bible d'un grand nombre de leurs éléments, comme pour l'exégète, qui ne saurait se désintéresser des interprétations traditionnelles juives, il y a dans les Targums et le Talmud une source précieuse d'informations. Mais elle est trop peu connue. C'est ainsi que les anciennes versions bibliques, appelées Targums, ne sont encore traduites dans aucune langue moderne ; à moins d'aborder le texte original, il faut se fier à la version latine, souvent défectueuse, qui se trouve dans les grandes Bibles polyglottes de Paris et de Londres.

M. le Dr J.-J. Hollitscher, directeur des *Monumenta Judaica*, a voulu combler cette lacune. Désireux de mettre à la disposition des travailleurs des documents dûment épurés par la critique textuelle, il s'est d'abord entendu avec un spécialiste dans la matière, M. le Dr Moritz Altschüler. Celui-ci fut chargé de reconstituer le texte qui servira de base aux travaux ultérieurs.

Pour élaborer la traduction de ce texte, une difficulté spéciale se présentait.

Les *Monumenta Judaica* sont destinés aux savants de toutes les religions. Comme ils contiennent des textes autrement interprétés par les catholiques, par les protestants et par les Israélites, il fallait naturellement chercher avant tout un terrain d'entente entre les théologiens de ces trois confessions. Voici la solution, qui, dans un esprit de haute impartialité, a été trouvée par M. Hollitscher.

Un comité de rédaction a été constitué, formé par des représentants des trois principales religions intéressées à l'œuvre, MM. Wünsche, Neumann et Altschüler. Le directeur M. Hollitscher est le président du comité. Pour la publication des Targums le travail est distribué de la manière suivante :

M. Altschüler, qui représente la théologie juive, après avoir critiquement arrêté le texte, fait une première traduction, en s'inspirant de l'ensemble de la littérature talmudique et de la littérature orientale juive.

La traduction achevée est revue une première fois par M. Wünsche, théologien protestant, d'après les données fournies par la littérature orientale non juive, surtout par les documents assyriens, arabes et syriaques.

Enfin M. Neumann, professeur à la faculté de théologie de l'Université de Vienne, contrôle au nom des catholiques le texte et la traduction fournis par MM. Altschüler et Wünsche. Comme

de juste, il consulte surtout les Pères de l'Église, la version des Septante, la Vulgate, etc.

La possibilité des divergences d'opinions est prévue. C'est d'abord dans une discussion libre, purement scientifique, qu'en présence du directeur on s'efforcera d'établir l'unité de vues. Mais il peut se faire que l'accord soit impossible à obtenir. Pour respecter la liberté de chacun, et pour mettre le lecteur directement en face de toutes les interprétations, les trois rédacteurs sont autorisés à exposer dans les *Monumenta* leur opinion, en engageant leur responsabilité personnelle. A la majorité des voix le comité détermine la traduction qui est placée dans le texte principal, et celle qui est renvoyée dans le commentaire.

On le voit, M. Hollitscher a voulu faire œuvre de science et être *objectif*, autant que possible. La même largeur de vues, qui a guidé le choix des trois éditeurs, a déterminé aussi celui des collaborateurs. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la liste des noms, cités aux pages XIII et XIV, pour voir que la plus franche impartialité a été observée. Parmi les collaborateurs catholiques, citons M. Döller, professeur de théologie à Vienne, M. Herklotz, professeur au séminaire de Leitmeritz, M. Nikel, professeur de théologie à Breslau, M. l'abbé Riessler, M. Selbst, professeur au séminaire de Mayence, M. B. Schäfer, professeur de théologie à Beuron, M. l'abbé Trzeciak à Posen, M. J. Weiss, professeur de théologie à Graz, le R. P. Zapletal, O. P. professeur de théologie à Fribourg en Suisse.

Le directeur des *Monumenta Judaica* n'a pas voulu se borner à réaliser ce plan, déjà très étendu. Les Targums et le Talmud, si importants comme livres *religieux*, sont tout aussi importants comme livres *historiques*, marquant des phases de l'histoire religieuse en général. Envisagée au point de vue de sa signification historique, toute version directement faite sur l'Ancien Testament devient une sorte de Targum, qui marque elle aussi une date dans le développement religieux. Et pour l'exégète moderne, les bibles syriaque, samaritaine, arabe et les versions latine et grecque ont pour l'intelligence parfaite des livres saints la même valeur que les Targums proprement dits.

Partant de cette idée, M. Hollitscher s'est résolu à donner dans l'œuvre monumentale qu'il dirige, la discussion philologique et historique de tous les textes divergents de quelque importance, fournis par les versions primaires de l'Ancien Testament. Il est certain que les immenses matériaux réunis ainsi et mis à la portée des travailleurs, rendront à ceux-ci un service

signalé. L'intérêt religieux et historique, présenté par les variations successives des textes, saute aux yeux ; et nous pourrons peut-être saisir sur le vif la naissance de certaines interprétations prétendûment traditionnelles, qui ne sont parfois qu'une altération de la signification primitive.

Des dissertations spéciales sur les divers problèmes soulevés par l'examen comparé des textes viendront compléter l'édition des Targums. Déjà maintenant on nous annonce une étude théologique de M. le professeur Neumann concernant le récit de la création : *Eine theologische Nachlese zum Schöpfungsberichte.*

Dans leur ensemble, les principes qui guident les éditeurs dans la publication des Targums seront naturellement appliqués à celle du Talmud. Toutefois les traités ne seront pas donnés dans leur ordre traditionnel, et généralement même, ils ne resteront pas tels quels. A moins d'être talmudiste de profession, il était difficile jusqu'ici de s'orienter dans le dédale des livres juifs, et l'exégète ou l'historien, qui cherchait un renseignement spécial, risquait fort de perdre sa peine. Dans les *Monumenta Judaica*, les écrits talmudiques seront rangés dans un ordre systématique, permettant de grouper les questions se rapportant au même objet. Le principe qui a déterminé l'ordre est très moderne, puisque les éditeurs veulent faire ressortir l'histoire de la civilisation chez les peuples antiques, d'après les deux Talmuds et la littérature midraschique. La culture assyrienne et babylonienne sera au premier plan, et pour le dire en passant, il est à croire que la controverse récente sur la Babylonie et la Bible y trouvera des éléments de solution. Il faut toujours savoir gré aux éditeurs des grandes collections de viser à l'utilité pratique des lecteurs. Mais pour apprécier l'innovation qui nous est annoncée, il faut attendre l'exécution du plan. Il y a un danger réel : une fois qu'on systématise, on est exposé à ne pas avoir toujours la discrétion désirable. Sans doute, la haute compétence des éditeurs est une excellente garantie ; mais des tables détaillées auraient peut-être concilié le maintien de l'ordre traditionnel avec la facilité des recherches.

Le premier fascicule des *Monumenta Judaica* tient largement les promesses des éditeurs : il donne le Targum d'Onkelos sur la Genèse ch. I à XVIII, 26. Pour éviter des frais exagérés et épargner au lecteur une vocalisation pénible, le texte araméen est transcrit en caractères latins. La justification critique du texte sera donnée dans une livraison prochaine.

La traduction est d'une fidélité minutieuse. Il est intéressant

de rappeler ce que deviennent dans l'interprétation d'Onkelos certains passages que nous sommes habitués à entendre autrement. Par exemple, *Gen.* III, 15, Dieu dit au serpent : Je mettrai une inimitié entre toi et la femme, entre ton fils et son fils. Il se souviendra de ce que tu lui as fait au commencement, et tu attendras la fin. — *Gen.* XV, 1. Dieu dit à Abraham : Ne crains pas, Abram ; *ma parole* sera toujours ton soutien. Ta récompense est très grande. Notre Vulgate porte : *Ego protector tuus sum et merces tua magna nimis.*

On pourrait multiplier ces exemples, qui jettent un jour nouveau sur la portée de certaines prophéties messianiques aux yeux des anciens Israëlites, et sur l'importance attachée par eux à la doctrine du Verbe. Des dissertations spéciales viendront certainement discuter les problèmes d'histoire religieuse, qui se posent ainsi d'eux-mêmes.

Outre le texte et la traduction du Targum d'Onkelos *Gen.* I-XVIII, 26, le premier fascicule des *Monumenta* nous donne aussi, en guise d'introduction, deux études très soignées sur la tradition orale chez les Juifs, et sur le nom et la vie d'Onkelos d'après les sources talmudiques. On peut, nous paraît-il, admettre comme définitivement prouvée la non-existence d'une tradition secrète chez les Juifs. Il n'existe aucune tradition orale, qui ne soit codifiée dans les livres. Sans doute, les docteurs juifs peuvent chercher et trouver, même aujourd'hui, des explications et des interprétations nouvelles : c'est le droit de tout écrivain. Mais ce sont là des vues particulières, qui n'ont pas de valeur officielle, et qui sont soumises à la libre appréciation des lecteurs. Elles ne lient personne, si elles ne sont pas ratifiées d'avance par l'autorité du Talmud.

Sur le nom et la vie d'Onkelos, le Talmud donne des renseignements, dont l'exactitude historique doit souvent être révoquée en doute. On sait qu'Onkelos fut, comme saint Paul, disciple de Gamaliël (*Act.* V, 34 ; XXII, 3), mort l'an 53 après Jésus-Christ. Une discussion pénétrante de M. Altschüler suggère l'identification d'Onkelos, auteur de la version araméenne du Pentateuque, avec Aquilas, auteur d'une traduction littérale du Pentateuque en grec. Onkelos était un prosélyte. Avant de s'initier pleinement aux explications rabbiniques, entendues dans la synagogue, il peut avoir fait une version grecque, un peu servile, de la loi de Moïse. Plus tard, quand il eut reçu la circoncision, il noua des relations plus étroites avec les Juifs, soumit son premier travail aux RR. Eliezer et Josué, et se familiarisa pleinement avec leurs

enseignements. Le résultat de ses nouvelles études fut précisément le Targum araméen, qui porte son nom.

Souhaitons que la publication des *Monumenta Judaica* se poursuive rapidement : elle fournira un instrument de travail de premier ordre à tous ceux qui s'intéressent aux antiquités religieuses de l'Orient.

S. E.

XXIV

La Belgique. Institutions, Industrie, Commerce. Un vol. grand in-8° de 870 pages, avec cartes et photogravures au nombre de 500 environ. — Bruxelles, J. Goemaere, 1905.

Ce volume fait partie des publications du Ministère de l'Industrie et du Travail de Belgique. Il a été imprimé pour le Commissariat général du Gouvernement près de l'Exposition universelle et internationale de Liége, sous la direction de M. Jean Mommaert, directeur au Ministère de l'Industrie et du Travail, par M. J. Goemaere, imprimeur du Roi, à Bruxelles. Les photogravures dont il est orné viennent des établissements J. Malvaux, à Bruxelles. Il s'ouvre par une dédicace de M. Francotte, ministre de l'Industrie et du Travail, à Sa Majesté Léopold II, Roi des Belges, Souverain de l'État indépendant du Congo.

C'est un sentiment de fierté patriotique qui a fait entreprendre ce travail et inspiré la pensée de marquer la situation du Pays au début du xxe siècle, et au moment où la Belgique célèbre le soixante-quinzième anniversaire de son indépendance nationale. Voici, en une analyse sommaire, l'indication des divers sujets qu'embrasse cette publication.

Des notes générales sur la géographie du pays, sa population et sa constitution indépendante, servent d'introduction. L'ouvrage expose successivement tout ce qui concerne :

Les institutions politiques, administratives et judiciaires. Le régime électoral. Le pouvoir législatif. Le pouvoir exécutif. Les administrations provinciale et communale. Les cultes et la bienfaisance.

L'enseignement officiel et libre à tous les degrés. Les univer-

sités, académies, bibliothèques, archives, sociétés savantes. Les beaux-arts, leur enseignement et leurs manifestations diverses.

L'agriculture, les eaux et forêts. Le service d'hygiène. Les industries alimentaires.

L'économie sociale ; les lois protectrices du travail ; les institutions mutualistes et caisses de retraite ; les habitations ouvrières ; la Caisse générale d'épargne et de retraite. La situation des classes moyennes et les institutions spéciales d'enseignement technique.

L'industrie belge sous toutes ses formes, depuis les mines de houille, les carrières et la métallurgie, jusqu'à la fabrication de la dentelle et la taille des diamants.

Le commerce intérieur et extérieur de la Belgique.

L'outillage économique du pays. Les ports et voies navigables. Les chemins de fer. La marine. Les postes et télégraphes.

Enfin, le ministère des Affaires étrangères, l'armée, les missions belges à l'étranger et l'État indépendant du Congo.

La plupart des documents émanent des services administratifs compétents, et tous les ministères ont prêté leur concours à leur mise en œuvre.

" Ce livre, dit M. le ministre Francotte, affirme les droits du peuple belge à une existence indépendante : il expose ses titres à l'estime des nations. „

N. N.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES

—

La Bibliotheca Mathematica (1). — Voici l'indication sommaire des articles publiés en 1904 dans l'excellente revue de M. Eneström. M. Zeuthen nous y parle de l'arithmétique des Grecs et des Indiens (2), Paul Tannery du symbole de la soustraction chez les Grecs (3), et M. Frédéric Hultsch du calcul des fractions sexagésimales dans les scolies d'Euclide (4). Voilà pour l'antiquité.

Le moyen âge a donné lieu à deux articles sur Jordan de Némore, l'un de M. Eneström, l'autre de M. Duhem (5), et à un article sur Léonard de Cremone par M. Favaro (6). Je reviendrai plus loin à ce dernier.

Quant à la période moderne, je n'insisterai pas cette fois sur

(1) Bibliotheca Mathematica. Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften, 3e serie, t. V. Leipzig, 1904.

(2) *Sur l'arithmétique des Grecs et des Indiens*, par H. G. Zeuthen, pp. 97-112.

(3) *Sur le symbole de soustraction chez les Grecs*, par Paul Tannery, pp. 5 8.

(4) *Die Sexagesimalrechnungen in den Scholien zu Euklids Elementen*, von Friedrich Hultsch, pp. 225-233.

(5) *Ist Jordanus Nemorarius Verfasser der Schrift : " Algorithmus demonstratus " ?* von G. Eneström, pp. 9-14.

Un ouvrage perdu cité par Jordanus de Némore : le Philotechnes, par P. Duhem, pp. 321-325.

(6) *Nuove ricerche sul matematico Leonardo Cremonese*, di A. Favaro, pp. 326-341.

l'importance de la correspondance d'Euler et de Jean I Bernoulli dont M. Eneström continue la publication (1), mais je signalerai tout d'abord un travail hors de pair : la biographie de Luigi Cremona par M. Loria (2). Personne n'était mieux à même que M. Loria d'entreprendre l'analyse des travaux du grand géomètre, et le professeur de Gênes s'est tiré de cette tâche difficile et délicate avec un vrai bonheur.

Viennent ensuite l'histoire de la découverte de l'horloge à pendule, par M. Gerland (3) ; celle du problème du maximum d'attraction, par M. Hoffmann (4), ainsi que des contributions à l'histoire des précurseurs du calcul infinitésimal, par M. Wallner (5), et à celle du calcul intégral chez Newton et Cotes, par M. von Braunmühl (6). M. Körner nous donne un travail très étendu sur les modifications du concept du point matériel au XVIIIe siècle (7) ; enfin, moi-même j'ai écrit une note sur la trigonométrie d'Adrien Romain (8). J'y confirme, en le complétant et en le rectifiant quelque peu, un fait intéressant mis jadis en lumière par M. von Braunmühl : C'est à Adrien Romain que l'on doit le premier essai systématique de notations trigonométriques. Mais au lieu de le rapporter, avec M. von Braunmühl, au *Canon triangulorum sphaericorum*, publié en 1609, il faut le faire remonter jusqu'au *Speculum Astronomicum*, qui est de 1606 ; d'autant plus que les notations du *Speculum* diffèrent de celles du *Canon* et sont, il faut l'avouer, plus heureuses que ces dernières.

Il me reste à nommer, parmi les questions actuelles, la note sur le *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik*, par M. Mül-

(1) *Der Briefwechsel zwischen Leonhard Euler und Johann I Bernoulli*, von G. Eneström, pp. 248-291.

(2) *Luigi Cremona et son œuvre mathématique*, par Gino Loria, avec portrait photolithographié de Cremona hors texte, pp. 125-195.

Il faut y ajouter : *Un article de L. Cremona sur Giovanni Ceva*, par Gino Loria, p. 311.

(3) *Ueber die Erfindung der Pendeluhr*, von E. Gerland, pp. 234-247.

(4) *Die Entwickelung der verschiedenen Probleme der Maxima der Anziehung*, von E. Hoffmann, pp. 366-397.

(5) *Entwickelungsgeschichtliche Momente bei Entstehung der Infinitesimalrechnung*, von C. R. Wallner, pp. 113-124.

(6) *Beiträge zur Geschichte der Integralrechnung bei Newton und Cotes*, von A. von Braunmühl, pp. 355-365.

(7) *Der Begriff des materiellen Punktes in der Mechanik des achtzehnten Jahrhunderts*, von Theodor Körner, pp. 15-62.

(8) *Note sur la Trigonométrie d'Adrien Romain*, par H. Bosmans, pp. 342-354.

ler (1), et les très intéressantes considérations de M. Eneström sur divers points de la méthodologie de l'histoire des mathématiques (2).

Pour une continuation de l'Histoire des Mathématiques de Cantor (3). — C'est le professeur d'Heidelberg lui-même, qui nous fait connaître dans quelles conditions il entreprend ce grand projet. On pouvait, dit-il, formuler deux desiderata principaux au sujet des *Vorlesungen* et il est le premier à reconnaître qu'ils sont fondés. Et d'abord, les *Vorlesungen* s'en tiennent aux mathématiques pures, en excluant systématiquement l'histoire de leurs applications aux sciences astronomiques et techniques. C'était imposé par la nécessité de limiter un sujet immense, et l'auteur laisse pour le moment à d'autres le soin d'y suppléer.

Mais on pouvait regretter, avec plus de raison semble-t-il, que les *Vorlesungen* arrêtassent l'histoire des mathématiques au milieu du XVIIIe siècle. L'âge de l'auteur et l'énormité du travail déjà accompli pour mener à bien l'œuvre colossale des *Vorlesungen* jusqu'à cette date, excusaient cependant pleinement M. Cantor. N'importe, on a insisté. Mais devant l'impossibilité évidente et absolue où se trouvait l'auteur de se charger seul de la continuation de l'entreprise, un groupe de savants s'est présenté pour travailler sous sa direction.

Le IVe volume des *Vorlesungen* ira de 1759, date du premier mémoire de Lagrange, jusqu'à 1799; date de la thèse doctorale de Gauss. Le plan général des volumes précédents y sera rigoureusement suivi, sauf les modifications imposées par la manière même dont se sont développées les mathématiques à la fin du

(1) *Das Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, 1869-1904*, von Felix Müller, pp. 292-297.

(2) *Ueber regelmässige und unregelmässige historische Entwickelung auf dem Gebiete der Mathematik*, von G. Eneström, pp. 1-4.

Die Geschichte der Mathematik und der Universitätsunterricht, von G. Eneström, pp. 63-67.

Ist es zweckmässig dass mathematische Zeitschriftenartikel datiert werden ? von G. Eneström, pp. 196-199.

Welche Forderungen sind an Rezensionen mathematischer Arbeiten zu stellen ? von G. Eneström, pp. 298-304.

Ein neues litterarisches Hilfsmittel zur Verbreitung mathematisch-historischer Kenntnisse, von G. Eneström, pp. 398-406.

(3) *Ueber einen 4 Band von Cantor, Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, von Moritz Cantor. JAHRESBERICHT DER DEUTSCHEN MATHEMATIKER-VEREINIGUNG, t. XIII. Iena, 1904.

XVIIIe siècle. C'est ainsi qu'elles commencent à prendre un caractère franchement international ; il n'y aura donc plus lieu de diviser le volume en chapitres par nationalité. Elles ont ensuite une tendance à se spécialiser ; on écrira par conséquent séparément l'histoire de leurs diverses branches, en consacrant des chapitres distincts à chacune d'elles. C'est même ce dernier mode de répartition du volume en chapitres qui a permis, sans trop de peine, de partager le travail entre plusieurs collaborateurs. Voici comment ils se sont distribué la besogne :

M. S. Günther, de Munich : Histoires des mathématiques, Éditions classiques, Dictionnaires.

M. Bobynin, de Moscou : Manuels et recherches de géométrie élémentaire. Théorie des parallèles.

M. von Braunmühl, de Munich : Trigonométrie et Polygonométrie, Tables de logarithmes et autres tables.

M. Cajori, de Colorado Springs : Calcul algébrique, Théorie des équations, Théorie des nombres.

M. Netto, de Giessen : Séries, Combinaisons, Probabilités, Théorie des imaginaires.

M. Kommerell, de Reutlingen : Géométrie analytique.

M. Loria, de Gênes : Géométrie descriptive.

M. Vivanti, de Messines : Traités de calcul infinitésimal, Questions spéciales de calcul infinitésimal, Intégrales définies, Transcendantes.

M. Wallner, de Munich : Différentielles partielles et totales, Calcul des Variations, des Sommes et des Différences.

M. Cantor, d'Heidelberg : Progrès des Mathématiques de 1759 à 1799, Développement des Idées pendant cette période.

Les auteurs espèrent pouvoir être prêts en 1906.

Les mathématiques chez Aristote, par Heiberg (1). — C'est, si je ne me trompe, le Père Blancanus, jésuite, qui eut le premier l'idée de rechercher dans la vaste collection des œuvres d'Aristote toutes les définitions de géométrie et tous les théorèmes qu'elle contient, de les réunir en un volume et de dessiner ainsi un tableau d'ensemble des connaissances mathématiques du Stagirite. Négligeant le texte grec, Blancanus écrivit en latin, en donnant les extraits dans l'ordre où il les rencontrait

(1) *Mathematisches zu Aristoteles* von J. L. Heiberg. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendung. T. XVIII. Leipzig, Teubner, 1904, pp. 1-49.

dans les traités d'Aristote ; car, au point de vue philosophique spécial où le jésuite se plaçait, l'enchaînement logique des propositions et leur énoncé dans la langue originelle le préoccupaient assez peu. Quoi qu'il en soit, ses *Aristotelis loca mathematica* (1) sont restés, même aujourd'hui, même après le travail de M. Heiberg, un ouvrage de grande valeur, qu'aucun autre ne saurait remplacer. Le professeur de Copenhague le reconnaîtrait probablement sans difficulté lui-même. C'est que malgré le titre, qui pourrait un moment faire soupçonner le contraire, M. Heiberg s'est mis à un point de vue très différent de son devancier. Il n'a pas précisément voulu publier une édition grecque des textes que Blancanus avait donnés en latin, mais en nous faisant connaître les mathématiques chez Aristote, il a cherché plutôt à contribuer, pour sa part, à l'histoire de la formation des *Éléments d'Euclide*. M. Heiberg suit donc l'ordre des *Éléments* Il cite Aristote en grec, sans le traduire, mais en reliant les divers passages par un commentaire très bref en allemand. Je ne dirai rien du fond de ce travail, on connaît le grand mérite de tout ce qu'écrit M. Heiberg.

L'ouvrage est divisé en trois parties. Dans la première l'auteur étudie les œuvres authentiques d'Aristote. Il reprend ensuite de la même manière, mais plus en abrégé, dans la seconde, les œuvres apocryphes. Quant à la troisième partie, elle a un caractère différent. L'antiquité, dit M. Heiberg, ne semble pas avoir fait pour Aristote le travail entrepris par Théon de Smyrne sur les connaissances mathématiques chez Platon. Cependant, au moyen âge byzantin, on trouve quelque chose d'analogue dans une leçon de Jean Pachymère sur l'*Organon*, conservée dans le *cod. Vindobon. philos. 150*. M. Heiberg en publie le texte dans la troisième partie de son travail.

(1) En voici le titre complet : *Aristotelis loca Mathematica Ex vniuersis ipsius Operibus collecta & explicata. Aristotelicæ videlicet expositionis complementum hactenus desideratum. Accessere de Natura Mathematicarum scientiarum Tractatio ; atq ; Clarorum Mathematicorum Chronologia. Authore Iosepho Blancano Bononiensi è Societate Iesu, Mathematicarum in Gymnasio Parmensi Professore. Ad Illustrissimum ac Nobilissimum Petrvm Franciscvm Malaspinam Aedificiorum Marchionem, apud Cæs. Maiestatem pro Sereniss. Parmensium Duce Legatum. Bononiæ M.DC.XV. Apud Bartholomæum Achium. Superiorum permissu. Sumptibus Hieronymi Tamburini.*

La nouvelle édition de l'astronomie d'Albategnius, par Nallino (1). — Albategnius vécut à la fin du IXe siècle et au commencement du Xe. On ne connaît pas la date exacte de sa naissance, mais les historiens arabes le font mourir le 13 février 929. C'était au retour d'un voyage à Bagdad, dans une petite bourgade nommée Qaçr-al-Giçç.

Les occidentaux ont tous représenté Albategnius comme un prince, grand seigneur. Rien ne vient confirmer cette légende, dont on ne retrouve pas de trace chez les auteurs arabes. Albategnius y apparaît seulement comme le plus habile de leurs observateurs et le plus grand de leurs astronomes, ce qui est incontestable. Son influence a été énorme, même chez les occidentaux. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler que Régiomontan l'avait profondément étudié, qu'il en avait commenté les endroits les plus difficiles, et qu'en dernière analyse — fait que l'on soupçonnait déjà et que la nouvelle édition de M. Nallino démontre à toute évidence — Régiomontan doit à Albategnius une grande partie de ses connaissances astronomiques et trigonométriques.

M. Nallino nous donne d'abord, dans la Préface, des renseignements, aussi nombreux que nouveaux, tant sur la personne elle-même d'Albategnius que sur ses ouvrages. Je voudrais pouvoir les résumer ici, mais les limites de ce bulletin m'obligeant à me borner, je dirai seulement un mot de l'*Opus astronomicum* dont le savant italien entreprend la réédition.

L'*Opus astronomicum* est, en fait, le seul ouvrage d'Albategnius qui ait été étudié jusqu'à ce jour. Il a eu autrefois deux éditions, l'une en 1537, l'autre en 1645 (2).

(1) *Al-Battânî sive Albatenii Opus Astronomicum* ad fidem codicis Escurialensis Arabice editum, latine versum, adnotationibus instructum a Carolo Alphonso Nallino. *Pars prima Versio Capitum cum animadversionibus*, Milan, 1903. PUBBLICAZIONI DEL REALE OBSERVATORIO DI BRERA IN MILANO. N° XL. Parte I. Gr. in-4°, de LXXX-327 pages.

Pars secunda. Versio latina Tabularum cum animadversionibus indicibusque (sous presse).

Pars tertia, textum arabicum continens, Milan 1899. PUBBLICAZIONI... etc. N° XL. Parte III, 284 pages.

Je remercie la Bibliothèque de l'Observatoire Royal d'Uccle pour l'obligeance avec laquelle elle a mis son exemplaire à ma disposition.

(2) En voici les titres : *Continentur in hoc libro. Rvdimenta astronomica Alfragani. Item Albategnivs astronomvs peritissimvs de motv stellarvm, ex obseruationibus tum propriis, tum Ptolemæi, omnia cû demonstra'iôibus Geometricis & Additionibus Ioannis de Regiomonte. Item Oratio introductoria in omnes Scientias Mathematicas Ioannis*

Ce ne sont là cependant que des éditions fragmentaires qui contiennent le texte courant de l'ouvrage, mais en omettent la partie probablement la plus utile, je veux dire les tables astronomiques. Elles ont été faites d'après une version écrite en très mauvais latin par Platon de Tivoli. Platon, on l'a répété souvent, n'était guère astronome et M. Nallino nous affirme qu'il n'était pas beaucoup plus fort en arabe. Il traduit fréquemment, mot pour mot, des passages auxquels il ne comprend rien et en forge des phrases qui n'ont aucun sens possible. Delambre a essayé de l'expliquer, mais l'obscurité de Platon l'a plus d'une fois induit dans de graves erreurs. Pour Albategnius plus encore que pour d'autres, il arrive au célèbre historien de l'astronomie de substituer, sans en avertir, ses idées et ses démonstrations à celles de l'auteur dont il écrit le commentaire (1). Ni Hanckel ni Cantor ne semblent avoir eu le courage de beaucoup étudier Albategnius lui-même ; s'en rapportant à Delambre, ils ne font que le répéter. Quant à von Braunmühl, seul il parle du grand astronome avec exactitude, encore ne s'occupe-t-il que de sa trigonométrie (2).

de Regiomonte, Patauij habita, cum Alfraganum publice prælegeret. Eiusdem utilissima introductio in elementa Euclidis. Item Epistola Philippi Melanchtonis nuncupatoria ad Senatum Noribergensem. Omnia iam recens prelis publicata. Norimbergæ anno M.D.XXXVII. — Au f° 36 : *Explicit Alfraganus. Norimbergæ apud Joh. Petreium, anno salutis MDXXXVII.*

Mahometis Albatenii De Scientia Stellarum Liber, cum aliquot additionibus Joannis Regiomontani ex bibliotheca Vaticana transcriptus. A la fin : *Bononiæ M.DC.XLV. Typis Hæredis Victorii Benatii. Superiorum permissu.* Quoi qu'en dise le titre, ce n'est qu'une reproduction de l'édition de 1537, mais beaucoup plus fautive que l'édition originale.

(1) Ce n'est pas la première fois que j'ai l'occasion de faire cette remarque, et je suis heureux de pouvoir en confirmer le bien fondé par l'avis d'un homme de l'autorité de M. Nallino.

" Delambre, dit-il (*Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, Paris, 1819, pp. 16-62), Platonis versione quantum fierit poterat doctrinas Albatenias eruere conatus est ; sed obscurus et imperitus interpres tantum virum saepe in graves induxit errores. Delambre autem, multa problemata potius ad suam quam ad auctoris mentem resolvens et formulas suas interdum Albateniis commiscens, causa fuit cur postea Hankel et Cantor, ejus vestigia persequentes, de Albatenio falsa sentirent „ (p. XL).

Si ma remarque peut paraître renfermer une critique, ce n'est qu'en me plaçant au point de vue *historique*, car au point de vue *mathématique* la méthode de Delambre est très défendable.

(2) *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie.* Leipzig, Teubner,

L'utilité d'une édition meilleure d'Albategnius était donc incontestable, et voici comment M. Nallino s'y est pris pour nous la donner. Il ne s'agit toujours, bien entendu, que du seul *Opus astronomicum*.

Tout d'abord, et la chose est connue, le texte original arabe de l'*Opus* nous a été conservé. Mais quoique certains catalogues de bibliothèques puissent faire croire le contraire, il ne subsiste que dans un seul manuscrit, celui de la Bibliothèque de l'Escurial. Ce texte assez imparfait est encore, à tout prendre, le meilleur et surtout le plus intelligible.

Il y en a eu deux versions latines, celle de Platon de Tivoli et celle de Robert de Rétines. Malheureusement les manuscrits retrouvés par M. Nallino contiennent tous la version de Platon et celle de Robert est aujourd'hui perdue.

Platon et Robert se sont-ils contentés du texte courant ? Ont-ils traduit en outre les tables astronomiques ?

On ne saurait l'affirmer d'une manière certaine, mais la chose est probable du moins pour l'un des deux. La Bibliothèque de l'Arsenal, à Paris, possède, en effet, une très importante version espagnole qui semble devoir remonter au roi Alphonse X, c'est-à-dire au XIIIe siècle. Or, cette traduction renferme les tables et le traducteur paraît avoir travaillé sur une version latine et non pas sur le texte arabe (1).

En résumé, les sources à utiliser sont l'original arabe et deux versions anciennes, l'une en latin, l'autre en espagnol.

La méthode à suivre pour la publication du texte arabe s'imposait. Le manuscrit de l'Escurial est unique, l'intérêt en est surtout philologique et documentaire ; il fallait donc l'imprimer tel qu'il est en se contentant d'en corriger les fautes de plume. Ce texte remplit le fascicule III. Mon incompétence me défend d'en parler. Qu'il me suffise de dire qu'on y trouve la première édition des tables astronomiques d'Albategnius.

Mais si la question était simple pour le texte original de

1900, pp. 50-54. En tout ceci je ne fais que me rallier à l'avis de M. Nallino, qui regrette, avec raison, que le savant professeur de Munich n'ait pas pu recourir au texte arabe d'Albategnius.

Il est intéressant de comparer le passage de von Braunmühl cité ci-dessus, au chapitre de la préface de Nallino intitulé *Trigonometria Albatenia*, (pp. XLVI-XLVIII).

(1) Pour des raisons assez plausibles, mais trop longues à exposer ici, M. Nallino croit que cette version latine des tables d'Albategnius a été plutôt l'œuvre de Robert de Rétines que celle de Platon de Tivoli.

l'*Opus*, il était loin d'en être de même pour la version latine qu'il convenait d'en donner au public. Fallait-il rééditer Platon de Tivoli ? Halley (1) et Delambre (2) en avaient, il est vrai, fait la base de leurs commentaires ; c'était une raison, mais était-elle suffisante ? M. Nallino ne l'a pas cru. Heureusement pour nous ! Car, avec cette clarté, cette élégance, cette merveilleuse facilité de plume dont les savants italiens ont gardé le secret, il nous donne une traduction latine bien près, cette fois, d'être parfaite et qui de longtemps ne sera pas surpassée.

Reste la richissime collection d'éclaircissements et de notes que M. Nallino y a ajoutés.

Il se trouvait, pour les écrire, dans une situation assez embarrassante. " Je m'adressais à la fois, dit-il, aux philologues et aux géomètres. Or, leurs genres d'études sont si disparates, que ce qui paraît simplicité presqu'enfantine aux uns, présente cependant des difficultés sérieuses aux autres. „ Dans cette conjoncture, que faire ?

Tâcher de se mettre à la portée de tout le monde et affronter, sans trop de crainte, le reproche de paraître prolixe.

" Moi-même, ajoute M. Nallino, je suis plus philologue que géomètre. Bien des fois j'aurais hésité à me fier à mes propres idées, mais j'ai trouvé le plus précieux des concours chez M. Schiaparelli, directeur de l'Observatoire de Milan. Il a bien voulu reviser mes notes, vérifier mes calculs et les enrichir souvent de remarques et de réflexions personnelles. Pour les distinguer des miennes, elles sont mises entre crochets d'intercalation d'une forme spéciale. „

Rencontrer Schiaparelli pour commenter Albategnius ! Quelle fortune, pour M. Nallino !

Et maintenant comment Albategnius lui-même sort-il de cette redoutable épreuve d'une nouvelle édition de son *Opus astronomicum* claire et facile à comprendre ?

Absolument grandi (3) et, à tout point de vue, à la hauteur de

(1) *Emendationes ac Notae in vetustas Albatenii observationes astronomicas, cum resolutione tabularum lunisolarium eiusdem authoris*, par Edm. Halley, S. R. S. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS, v. XVII, for the Year 1694. London, 1695, pp. 913-921.

(2) *Histoire de l'Astronomie du Moyen-Age*, par M. Delambre, Paris, Courcier, 1819, pp. 10-62.

(3) Je citerai notamment le chapitre XXVI, à propos duquel Albategnius est si fort maltraité par Regiomontan et par Delambre. L'astronome arabe n'y dit aucune des absurdités que lui prête la version de

sa réputation. C'est un observateur consciencieux et adroit, mais modeste ; sincère admirateur de Ptolémée, dont il ne s'écarte qu'à regret, tout en étant très supérieur à son modèle.

Ajouterai-je qu'il a trouvé en M. Nallino un éditeur digne de lui ?

Le savant italien me dirait, peut-être, que je force la note. Je n'insiste donc pas, quoique son édition de l'*Opus astronomicum* me paraisse le document le plus important qui ait été publié jusqu'ici sur l'astronomie arabe.

Les travaux de M. A. Favaro sur Léonard de Crémone (1). — En présentant il y a deux ans aux lecteurs de la REVUE (2) le *Traité d'Arpentage* (3) de Léonard de Crémone, je disais : " On ne connaît guère la vie de Léonard. Lui-même date la fin de son travail par les mots *completa die primo aprilis 1488*, qui prouvent qu'il vivait au déclin du xve siècle. Arisio le nomme dans sa *Cremona illustrata*. Une première fois il le qualifie de *insignis astronomus, physicus et mathematicus* ; puis, quelques lignes plus loin, il rapporte ce passage de Jerôme Vida : *fuit ante Blasium, Leonardus Maynardus, qui suo tempore non tantum inter nostros, sed etiam inter omnes, in iis studiis* (les mathématiques) *tenuit principatum*. On n'en sait pas davantage. „

En m'exprimant ainsi, j'utilisais les renseignements que le regretté Max Curtze donnait lui-même dans la préface de son édition ; mais ils renferment plusieurs erreurs, comme on l'a reconnu depuis.

Platon de Tivoli. C'est donc Platon et non pas Albategnius qui mérite les reproches des deux savants critiques. Quant au chapitre XXV, il est probablement interpolé et continue à rester inintelligible en plusieurs endroits.

(1) Ce sont par ordre de dates : *Sul matematico Cremonese Leonardo Mainardi*. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e ser., t. IV, 1903, pp. 334-337.

Intorno al presunto autore della Artis metrica practice compilatio. ATTI DEL REALE ISTITUTO VENETO DI SCIENZE, LETTERE ED ARTI. Anno accademico 1903-1904. T. LXIII. Part. 2, pp. 377-395.

Nuove ricerche sul matematico Leonardo Cremonese. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e serie, t. V, 1903, pp. 326-341.

(2) Janvier 1904, pp. 291-295.

(3) *Die " Pratica Geometriæ „ des Leonardo Mainardi aus Cremona*, publiée dans les *Urkunden zur Geschichte der Mathematik in Mittelalter und Renaissance* herausgegeben von Maximilian Curtze. ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN. Leipzig, B. G. Teubner, 1902.

C'est M. Gustave Eneström qui appela, le premier, l'attention sur les obscurités que présentait le problème de l'auteur du *Traité d'Arpentage*. Il fit remarquer, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (1), que la date du 1er avril 1488, inscrite sur le manuscrit, publié par Curtze, n'était pas nécessairement celle de la composition de l'ouvrage ; mais qu'elle pouvait être aussi bien celle de la traduction italienne, ou même tout bonnement celle de la copie. Les mots *fuit ante Blasium* le firent songer au célèbre Biagio de Parme qui mourut, on le sait, le 23 avril 1416. Si cette conjecture se vérifiait, Léonard Mainard eût vécu un siècle plus tôt que ne le supposait Curtze, et l'intérêt de son *Traité d'Arpentage* en serait augmenté d'autant. M. Eneström posait donc le problème.

M. A. Favaro l'aborda aussitôt. Léonard Mainard, d'après lui, était plus connu, du moins en Italie, que ne le supposait Curtze. Notamment l'époque où il vivait ne pouvait être révoquée en doute : c'était bien celle que lui avait assignée le professeur de Thorn. Mais M. Favaro soulevait une autre difficulté : Léonard de Crémone auteur du *Traité d'Arpentage* était-il bien Léonard Mainard ? Ne fallait-il pas plutôt voir sous ce nom Léonard d'Antonii de Crémone ? Avec preuves à l'appui, M. Favaro observait que l'existence de Léonard d'Antonii au commencement du xve siècle était aussi bien assurée que celle de Léonard Mainard à la fin du même siècle. Il y avait donc lieu de se demander lequel des deux Léonard de Crémone était l'auteur du traité publié par Curtze.

Paul Tannery intervint alors dans la discussion. La conjecture de M. Favaro, disait-il dans le JOURNAL DES SAVANTS (2), était la vérité même. Léonard d'Antonii était l'auteur du *Traité d'Arpentage*, car le manuscrit N° 7192 du fonds latin de la Bibliothèque Nationale tranchait la question. Mais, modeste et désintéressé comme toujours, le savant français se contentait de cette indication générale, désireux qu'il était de laisser à son illustre ami de Padoue l'honneur de continuer à mettre la solution du problème en pleine lumière. C'est d'ailleurs ce qu'avec sa maîtrise habituelle, M. Favaro n'a pas manqué de faire dans ses *Nuove ricerche sul matematico Leonardo Cremonese*. Il n'est plus

(1) *Ueber den italienischen Mathematiker Leonardo Mainardi*. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e ser., t. IV, 1903, p. 290.

(2) Août 1904. *Maximilian Curtze historien des mathématiques*, pp. 466-468.

douteux que le *Traité d'Arpentage* ne soit dû à Léonard d'Antonii et qu'il ne remonte par conséquent au commencement du xve siècle. On le voit, ce *Traité* déjà si important et si curieux y gagne encore beaucoup en intérêt historique. Il montre, comme le dit fort bien Paul Tannery (1), que Léonard de Crémone, son auteur, fut " l'un de ces précurseurs ignorés dont les savants de la Renaissance utilisèrent les travaux sans citer les noms ".

Pour une édition nationale des Œuvres de Torricelli (2). — Peu de noms sont à bon droit aussi populaires que celui d'Évangéliste Torricelli, l'inventeur du baromètre (3). Et cependant, par une rare série de contretemps les plus divers et de malheurs, le petit nombre de ses travaux a été livré à l'impression. Les autres, précieusement conservés à la Bibliothèque Nationale de Florence, y forment une vaste collection manuscrite ne comptant pas moins de 24 volumes. On en a de nos jours publié, à diverses reprises, des extraits. Leur haut intérêt fait vivement désirer une étude complète et méthodique du reste. Il suffira de rappeler, par exemple, les recherches de Torricelli sur la courbe logarithmique, éditées par M Loria (4), pour prouver combien cette curiosité du public est justifiée. On sait d'ailleurs quelle grande et légitime influence la correspondance de Torricelli a exercée sur les géomètres et les physiciens de son temps ! Aussi s'accorde-t-on pour demander une édition critique et complète des œuvres, tant imprimées qu'inédites, de l'immortel Italien.

Le Congrès des Sciences historiques tenu à Rome, en 1903, s'est fait l'écho autorisé du vœu général en votant la motion suivante :

(1) Dans un compte rendu des *Urkunden* de Curtze, publié dans le Bulletin des Sciences Mathématiques de Darboux, 2e série, t. XXVIII, 1re partie. Paris, 1904, p. 167.

(2) *Un' impresa nazionale di universale interesse (pubblicazione delle opere di Evangelista Torricelli).* Relazione del Prof. Gino Loria (Atti del Congresso internazionale di Scienze Storiche (Roma, *1903*). T. XII. Roma, 1904.

(3) Voir sur ce sujet : *Evangelista Torricelli. Esperienza dell' Argento Vivo. Accademia del Cimento Instrumenti per conoscer l'Alterazioni dell' Aria.* Neudrucke von Schriften und Karten ueber Meteorologie und Erdmagnetismus, herausgegeben von Professor Dr. G. Hellmann. No 7, Berlin, 1897.

(4) *Le ricerche inedite di Evangelista Torricelli, sopra la curva logarithmica* di Gino Loria. Bibliotheca Mathematica. 3e série, t. I, 1900, pp. 75-89.

" Le Congrès prie le Gouvernement de Sa Majesté le Roi d'Italie :

„ 1° De nommer une commission d'hommes compétents chargée d'examiner les manuscrits d'Évangéliste Torricelli et de déterminer ceux d'entre eux qui méritent l'honneur de l'impression.

„ 2° De prendre l'initiative d'une *Édition complète des Œuvres de Torricelli*. Elle devrait comprendre tous ses ouvrages déjà imprimés antérieurement, celles de ses œuvres inédites qui en seraient jugées dignes et, en outre, sa correspondance scientifique. Une pareille entreprise couronnerait glorieusement l'*Édition nationale des Œuvres de Galilée*. „

Nous tiendrons, s'il y a lieu, nos lecteurs au courant des suites qui pourraient être données à cette motion.

Louis de Puget, François Lamy, Louis Joblot, par H. Brocard (1). — Louis Joblot à titre de Barrisien est visiblement celui de ces trois savants qui intéresse le plus M. Brocard, mais Louis de Puget de Lyon (2) est le plus connu, grâce à la correspondance de Boileau-Despréaux et de Brosselte, dans laquelle son nom revient fréquemment. Quant à dom François Lamy, bénédictin, il ne faudrait pas le confondre avec le Père Bernard Lamy de l'Oratoire, dont les *Éléments de Géométrie* jouirent de tant de vogue au XVIIIe siècle (3).

" Louis Joblot était bien oublié, même en sa ville natale (4),

(1) *Louis de Puget, François Lamy, Louis Joblot, leur action scientifique d'après de nouveaux documents. Contribution à l'Histoire des Sciences Physiques et Naturelles de 1671 à 1711*, par H. Brocard, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Correspondant du Ministère de l'Instruction Publique. Bar-le-Duc. Imprimerie Comte-Jacquet, Facdouel, directeur. MDCCCCV. Gr. in-4 de VII-232 pages.

(2) Louis de Puget naquit à Lyon en 1629 et y mourut le 16 décembre 1709. On lui doit d'importantes observations de magnétisme et de micrographie.

(3) Un éloge de dom François Lamy a été publié, en 1857, par M. Alphonse Dantier dans les pièces annexées à ses deux rapports sur la correspondance inédite des Bénédictins de St-Maur (ARCHIVES DES MISSIONS SCIENTIFIQUES ET LITTÉRAIRES. Tome VI. Paris, 1857). Il est réédité, par M. Brocard, sous le N° CXIV. Qu'il nous suffise de dire ici que François Lamy, religieux bénédictin de l'abbaye de Saint-Denis, naquit à Monthireau en Beauce, en 1636, et qu'il mourut à Saint-Denis, le 11 avril 1711.

(4) Il naquit à Bar-le-Duc, où il fut baptisé le 9 août 1645, et mourut à Paris le 27 avril 1723.

nous dit M. Brocard, quand l'attention se porta sur lui dans deux articles de la Revue Scientifique parus à peu d'intervalle :

„ 10 février 1894. Docteur Paul Cazeneuve, professeur à la Faculté de Médecine de Lyon : *La génération spontanée d'après les livres d'Henri Backer et de Joblot (1754).*

„ 9 mars 1894. Jacques Boyer, professeur de Mathématiques et de Physique à Paris : *Joblot et Backer.*

„ Ces deux études furent immédiatement reprises, et bientôt, la *Société des Lettres, Sciences et Arts* de Bar-le-Duc publiait, au tome IV de ses Mémoires, paru en octobre 1895, une magistrate notice biographique, due à M. Wlodimir Konarsky, intitulée : *Un savant Barrisien, précurseur de M. Pasteur. Louis Joblot* (133 pages, 4 planches). „

Le travail de M. Brocard, fruit de recherches longues et consciencieuses, a pour objet de fournir des matériaux destinés à compléter quelque jour la biographie de Louis Joblot et l'histoire de ses relations avec le physicien Louis de Puget. C'est une publication de documents en bonne partie inédits, au nombre de 116, dont aucun pris isolément n'a, peut-être, une importance de premier ordre, mais dont l'ensemble très intéressant mérite d'être signalé à la curiosité des physiciens.

“ Il eût été désirable, dit M. Brocard, que la *Société française de Physique* les publiât dans sa collection de documents et mémoires originaux, à côté des travaux de Coulomb, d'Oersted et d'Ampère. Le Comité des travaux historiques et scientifiques aurait sans doute proposé aussi de les éditer dans une de ses publications officielles, ou de recommander leur insertion dans quelque volume des *Notices et Extraits des Manuscrits de la Bibliothèque Nationale et autres bibliothèques, publiés par l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres.* De son côté, la *Société des Lettres, Sciences et Arts* de Bar-le-Duc aurait peut-être accepté de contribuer à cette publication, mais elle a fait remarquer avec raison que cette œuvre n'était pas exclusivement Barrisienne et n'avait pas de relations assez directes avec l'œuvre de Joblot. „

Avec un désintéressement et une générosité auxquels il nous a déjà habitués en mainte circonstance, M. Brocard a “ simplifié les choses „, en prenant à ses frais l'initiative de cette publication, quitte à limiter le tirage à cent vingt exemplaires adressés directement à diverses bibliothèques publiques ou distribués à des amis personnels.

En fait, le volume de M. Brocard contient, au nombre de cent

seize, tous les documents connus concernant l'activité scientifique de Joblot, de Puget et du P. Lamy. Outre beaucoup de pièces inédites, on y trouve la réimpression de plusieurs autres, tirées pour la plupart de la *Correspondance de Boileau-Despréaux et Brossette*, du *Journal des Savants*, des *Mémoires pour l'Histoire des Sciences et des Beaux-Arts* publiés à Trévoux et de quelques autres ouvrages. Ces articles éclaircissent en les complétant les documents, jusqu'ici inconnus, publiés par M. Brocard pour la première fois.

L'exécution matérielle du volume est magnifique, j'allais dire trop belle, car elle empêcherait plus d'une très utile publication de pièces d'un genre analogue, s'il était reçu qu'elles ne pussent être éditées sans ce luxe d'impression et de planches hors texte. M. Brocard s'est visiblement inspiré des grandes éditions des œuvres de Fermat, de Huygens, de Galilée et de Descartes ; encore une fois c'est parfait, mais c'est presque trop beau.

Sur une erreur mathématique de Descartes, par Paul Tannery (1). — Cet article de Paul Tannery est assez court et n'a peut-être même pas bien grande importance, mais le lecteur me pardonnera de donner, en épilogue à mon compte rendu, un nouveau témoignage de sympathie à notre regretté confrère, en ne passant pas sous silence l'un des derniers écrits sortis de sa plume.

Descartes s'est trompé en énonçant les lois de la chute des corps. Tel est, on le sait, l'avis de Paul Tannery et telle a été après lui l'opinion de tout le monde, à l'exception toutefois de M. Chazottes, professeur à Guéret (Creuze) (2).

Mais écoutons d'abord Descartes. Après avoir dit que les vitesses d'un corps tombant en chute libre croissent comme les temps, il ajoute : " D'où il suit certainement que si vous laissiez tomber une boule, *in spatio plane vacuo* de 50 pieds de haut, que, de quelque matière qu'elle pust estre, elle employeroit justement trois fois autant de temps aux 25 premiers pieds, qu'elle feroit aux 25 derniers. „ Je choisis ce passage parce qu'il est en français, mais il y en a d'autres analogues.

Il a semblé à M. Chazottes qu'un homme de la valeur de

(1) *Sur une erreur mathématique de Descartes*, par Paul Tannery. Archiv für Geschichte der Philosophie. Nouv. série, tome X, Berlin, 1904, pp. 324-340.

(2) *Sur une prétendue faute de raisonnement que Descartes aurait commise*, par J. Chazottes, professeur à Guéret (Creuze). Ibid., pp. 171-175.

Descartes ne pouvait pas s'être trompé. Partant de cette idée préconçue, l'explication de la loi des espaces que je viens de rappeler, doit donc, d'après lui, signifier que les espaces parcourus sont proportionnels aux carrés des temps. C'est une thèse paradoxale ; mais dire le point précis où pèche le raisonnement de M. Chazottes est chose néanmoins assez difficile. L'auteur a un style obscur et s'exprime d'une manière si peu conforme à l'usage reçu entre mathématiciens, qu'il est malaisé de le comprendre. Tannery a bien beau jeu à le réfuter. Il le fait avec tant d'aisance, de clarté et de malice, qu'on a presque l'impression qu'il enfonce des portes ouvertes.

Je ne puis résister au plaisir de transcrire, par exemple, cette réflexion de bon sens par laquelle il termine : " Il y a une croyance trop répandue, dit-il, c'est que les sciences exactes ont été construites comme elles peuvent et doivent être enseignées, c'est-à-dire sans tâtonnements et sans erreurs de la part de ceux qui ont frayé des voies nouvelles. Cette croyance il faut la laisser aux maîtres d'école, à qui il n'est pas permis de se tromper; la vérité historique est que, même en mathématiques, les plus grands génies ont commis des inadvertances singulières :

" *Quandoque bonus dormitat Homerus* „

et cela non seulement dans leur correspondance, mais encore dans les écrits qu'ils ont publiés. Dans la *Géométrie* de Descartes, il y en a deux en particulier que les contemporains n'ont pas remarquées. Mais dans ces erreurs des grands novateurs, dont ni Fermat, ni Galilée, ni tant d'autres ne sont pas indemnes, on reconnaît la griffe du lion. Ils n'en sont pas diminués ; cela doit au contraire nous rendre plus humbles vis-à-vis d'eux et nous faire bien comprendre la difficulté de la tâche qu'ils ont accomplie, la grandeur des services qu'ils ont rendus à l'humanité comme créateurs de branches nouvelles de la science. Honorons-les donc jusque dans leurs erreurs ; car ce sont eux qui nous ont appris à n'y plus retomber. „

H. Bosmans, S. J.

GÉOLOGIE

—

La craie phosphatée de Taplow. — L'Angleterre, si riche en gisements minéraux de tout genre, ne possède qu'un seul petit gîte de craie phosphatée, celui de Taplow. Les recherches récentes de MM. White et Treacher (1) leur ont permis de tirer les conclusions suivantes : La craie en question, dans sa portion la plus riche, est de l'âge des craies à *Marsupites cortestudinarius*. Sa faune microscopique est absolument particulière. Elle constitue un gisement extrêmement localisé qui paraît déposé dans une sorte de cuvette ou entonnoir d'origine synclinale. Enfin, une partie au moins du constituant phosphaté a acquis ses caractères sur place. D'après cela, cette craie est contemporaine des craies phosphatées du turonien du Cambrésis. Comme tous les gisements de craies phosphatées ou de calcaires oolithiques phosphatés, elle se trouve en cuvettes isolées. Cela est vrai à Ciply en Belgique, pour toutes les craies phosphatées du nord de la France, pour les calcaires richement phosphatés de l'éocène d'Algérie et de Tunisie. Ce serait une nouvelle preuve du bien fondé de l'hypothèse de M. F. Cornet, qui attribue la formation de ces gisements à l'accumulation de débris organiques dans des mers fermées en voie d'évaporation.

Les wash-out du houiller du Yorkshire. — Les géologues anglais ont fréquemment décrit, avec grand détail, de singuliers accidents que l'on observe dans leurs bassins houillers. Ce sont des endroits où, dans une couche de charbon, le charbon a été enlevé, après coup, sur une étendue plus ou moins grande et remplacé par des sédiments généralement arénacés, voire même caillouteux. Les allures de ces accidents rappellent à l'esprit l'aspect de sections de lits de rivière ou de chenaux torrentiels. M. E. F. Middleton (2) décrit à son tour des accidents semblables, présentant les traits les plus caractéristiques de ce genre de bouleversements. Du charbon a été enlevé dans des sortes de cuvettes et remplacé par du grès, qui aux alentours forme le toit de la couche et qui là descend jusque sur le mur, en supprimant le charbon. Dans un autre cas, un conglomérat avec vrais cail-

(1) Quarterly journ. of the geol. soc., t. LXI, 1905, p. 461.
(2) *Ibid.*, p. 339.

loux, dont M. Middleton ne donne malheureusement ni l'origine ni la nature, est venu raviner la couche de charbon. Ce qu'il y a de plus remarquable dans les faits cités ici, c'est que l'on observe un accident semblable dans deux couches superposées écartées de plus de 200 mètres. Les deux accidents sont pour ainsi dire superposés, et l'on n'en observe pas dans une couche intermédiaire. A l'occasion de la discussion qui a suivi la lecture du travail de M. Middleton, M. Fox-Strangways a signalé que dans le bassin du Leicestershire on avait observé un dérangement semblable, qui se composait d'un creux où venaient aboutir de nombreux courants tributaires donnant l'impression du tracé classique d'un système de drainage.

Les horizons marins du houiller du North-Staffordshire. — Il est un fait bien surprenant, c'est de voir combien, partout, a été peu étudié le terrain qui devrait par excellence être le mieux connu, je veux parler du terrain houiller. Quand on voit de quelle utilité serait pour la détermination et le synchronisme des formations houillères la rencontre d'horizons persistants et caractéristiques de fossiles, on s'étonnerait que l'on n'ait pas déployé autant de zèle à leur recherche que pour d'autres terrains, si l'on ne savait que la récolte des faunes houillères nécessite de longues et pénibles recherches au fond des charbonnages, recherches qu'on doit faire par soi-même. C'est par suite de ce manque de zèle que le bruit a couru, et court encore, que les fossiles houillers sont rares et inutiles et leurs horizons sans persistance. Chaque fois qu'un chercheur patient et tenace s'est mis à la besogne, la fausseté de cette opinion a éclaté immédiatement. Le travail que vient de publier M. Stobbs (1) en est une nouvelle preuve. L'Angleterre, par suite de toutes sortes de circonstances, est le pays dont les terrains houillers sont le mieux connus au point de vue qui nous occupe. Tout spécialement le bassin du North-Staffordshire, grâce aux travaux anciens de M. J. Ward, était en tête comme progrès des connaissances. Cela n'a pas empêché M. Stobbs d'y faire des découvertes capitales que nous pouvons résumer de la façon suivante. Le bassin en question renferme onze niveaux marins. Ces niveaux, très étendus, très riches, se trouvent dans toute l'épaisseur du terrain houiller. Les fossiles marins alternent avec les couches renfermant les fossiles considérés comme d'eau douce (Carboni-

(1) QUARTERLY JOURN. OF THE GEOL. SOC., t. LXI, 1905, p. 495.

cola, etc.). Il n'y a jamais mélange des deux faunes, mais les deux peuvent se trouver très voisines. La faune de ces niveaux marins, variable comme groupement, ne présente aucune variation sensible de haut en bas du houiller. Dans un des niveaux les plus élevés, on rencontre des fossiles du houiller le plus inférieur et même du calcaire carbonifère. Il y a au moins trois de ces niveaux fossilifères qui s'étendent dans les bassins voisins tels que ceux du Lancashire, du Yorkshire, du South-Staffordshire et de Coalbroak-Dale. Dans beaucoup d'autres bassins on commence à trouver des horizons marins que l'on pourra utiliser plus tard pour étendre les synchronismes proposés à d'autres bassins encore.

Il est inutile d'insister sur l'importance capitale de la plupart de ces conclusions et sur le bouleversement qu'elles apportent dans les idées ; mais il est curieux de suivre la marche des connaissances. Lors de la rencontre des premiers fossiles houillers, on a dit qu'ils étaient accidentels et dus à des invasions. Lorsqu'ils se sont multipliés, on a fini par admettre que le houiller inférieur était caractérisé par ses faunes marines. Bientôt cette conclusion devra s'étendre à tout le houiller, et ce qui était l'exception sera alors la règle. Ajoutons qu'un excellent appendice paléontologique par M. W. Hind, le spécialiste le plus autorisé en la matière, augmente encore la valeur du travail.

Les Alpes entre le Brenner et la Valteline (1). — Le Congrès géologique international de Vienne en 1903 et surtout les grandes excursions géologiques qui l'ont accompagné, ont eu les conséquences les plus heureuses pour la géologie autrichienne. Il existait en effet dans cette vaste contrée des régions qui, malgré tout le talent et le zèle des savants autrichiens, étaient restées, au point de vue géologique, de grandes énigmes. Un tel état de choses peut s'expliquer fort bien et durer fort longtemps. Par habitude, par esprit d'école ou tout autrement, chacun emboîte le pas de son prédécesseur et il se forme ainsi un profond sillon dont on a peine à sortir. C'est alors que les bienfaits d'une intervention étrangère, toute pacifique d'ailleurs, peuvent se faire sentir. C'est ce qui a eu lieu pour les Alpes orientales notamment, et c'est le Congrès de Vienne qui a produit le choc des idées d'où a jailli la lumière. Certes, il peut

(1) P. Termier, Bull. soc. géolog. de France (4e série), t. V, 1905, pp. 209-289, 2 pl.

sembler inadmissible pour les géologues du terroir que des étrangers, infiniment moins familiarisés qu'eux avec la structure de leur pays, prétendent la connaître et l'expliquer mieux qu'eux, et je comprends qu'ils rechignent à adopter des théories nouvelles, mais il suffit que ces théories arrivent à point et qu'elles soient fondées pour qu'elles fassent leur chemin.

La constitution stratigraphique de la région étudiée par M. Termier n'est pas trop chargée et elle avait été soigneusement travaillée non seulement par les géologues autrichiens, mais encore par des étrangers. Elle comprend d'abord une puissante série de roches mésozoïques ou néozoïques d'âge précis indéterminé, mais certainement équivalentes des *Schistes lustrés* des Alpes occidentales. Puis vient du trias très puissant, représenté surtout par des calcaires-marbres et des dolomies, puis du terrain carbonifère peu développé, constitué par des phyllades, et enfin, à la base, vraisemblablement, de l'archéen assez complexe. Mais dans les Alpes orientales, ces quelques terrains s'enchevêtraient de telle façon que, pour expliquer la tectonique de la région, les géologues avaient été conduits à admettre des allures et spécialement des plissements absolument invraisemblables. C'est dans ce chaos que M. Termier a essayé de faire la lumière en appliquant aux Alpes orientales les grandes idées qui ont renouvelé nos connaissances sur les Alpes de l'ouest. On sait que M. Termier est un des maîtres qui, parmi un petit groupe de géologues français et suisses, s'attachent depuis peu d'années à élucider la structure si compliquée de nos grands massifs montagneux du centre de l'Europe, en s'inspirant de la notion si féconde des grands charriages.

Cette notion, qui a fait ses preuves en France et en Suisse, s'est montrée non moins apte à résoudre les grands problèmes qui se posaient dans les Alpes du Tyrol. Dans cinq notes présentées à l'Académie des sciences, M. Termier a déjà fait connaître les premiers résultats de ses recherches. Ce sont ces résultats qu'il synthétise aujourd'hui dans un vaste travail accompagné de tous les documents graphiques, cartes, coupes, qui permettent d'en saisir la portée et montrent le chemin parcouru dans la voie de l'interprétation de la tectonique de la région. Il nous serait impossible de résumer un semblable travail, bourré de faits et de renseignements. Nous risquerions d'en donner une idée aussi fausse que celle que l'on prendrait d'une forêt où le bûcheron n'aurait plus laissé subsister que quelques arbres rabougris. Nous nous contenterons de suivre l'auteur dans les conclusions

où il a, en quelques lignes, consigné lui-même les principaux résultats de ses études.

1° Au nord de l'axe des Hohe Tauern, les Alpes du Tyrol sont formées de nappes empilées les unes sur les autres, nappes qui ont été plissées ou ondulées après leur empilement.

2° Les schistes lustrés de la Basse-Engadine affleurent dans un paquet de nappes.

3° Les Alpes calcaires, au nord de l'Inn, sont des témoins des nappes supérieures.

4° Au sud de l'axe des Hohe Tauern, s'étend une zone de plis verticaux ou quasi verticaux où se trouvent en place les racines des plis couchés au nord et transformés en nappes.

Ce sont là des résultats que l'auteur considère, avec raison, comme acquis et indubitables. Il ajoute alors des considérations, que lui-même signale comme encore hypothétiques, concernant la structure de la région qui avoisine un gigantesque accident stratigraphique que l'on a appelé la faille alpino-dinarique, et qui borde vers le sud la région dont il a fait l'objet de cette étude. Cette faille, que l'on peut suivre sur des centaines de kilomètres, sépare la région étudiée d'une région totalement différente à tous égards, le massif des Dinarides. M. Termier émet l'hypothèse que cette faille alpino-dinarique n'est elle-même qu'une gigantesque surface de charriage suivant laquelle le massif des Dinarides aurait été poussé vers le sud en passant par dessus les Alpes. Cette hypothèse géniale sortira du domaine spéculatif, comme le dit l'auteur, le jour où l'on aura trouvé, en pays alpin, des lambeaux du massif des Dinarides ou bien quand on aura vu les Alpes s'enfoncer en pente faible et régulière sous les Dinarides.

J'ai depuis longtemps dépassé les bornes d'un compte rendu sommaire; mais je ne voudrais pas abandonner ce travail magistral sans signaler comment l'auteur trouve, dans une objection capitale qu'on aurait pu faire à sa thèse du charriage, une confirmation éclatante de celle-ci.

Je veux parler de ce fait que, dans une partie de la région étudiée, les plis se déversent vers le sud, c'est-à-dire en sens inverse de celui du mouvement de charriage. M. Termier montre avec raison que ce déversement, vers le sud, des plis se transforme graduellement, latéralement vers l'est et vers l'ouest en un déversement normal vers le nord. Ce fait serait uniquement dû à une décompression locale ayant produit ce renversement momentané des plis. Comme le même renversement local se

retrouve dans la faille alpino-dinarique, on s'expliquerait très bien les choses en admettant que cette faille est elle-même une surface de charriage et que la décompression locale est postérieure aux phénomènes de charriage.

Observations paléontologiques sur le mode de formation du terrain houiller belge (1). — La vieille question de la formation de la houille, toujours palpitante, suscite de nos jours quantité de travaux où l'on ne se contente plus de vagues observations et d'affirmations plus ou moins spéculatives, mais où l'on étudie à fond l'une ou l'autre partie de ce vaste problème. Seuls ces travaux feront progresser la question, et c'est dans cette catégorie que peut se ranger le beau travail de M. Renier.

Il commence par étudier avec soin les caractères des roches si importantes qui avoisinent les couches de houille et que les mineurs appellent toit et mur. Il montre que la distinction de ces deux roches repose non pas sur des caractères lithologiques, mais sur des caractères paléontologiques qu'il détaille ensuite longuement et soigneusement. De faits qu'il signale, il croit pouvoir conclure que le seul caractère qui distingue ces deux roches, c'est l'absence ou la présence des empreintes de mur ou stigmaria.

Il examine ensuite la signification génétique des stigmaria qui existent dans les mines. Pour lui, les caractères déjà signalés dans ces végétaux comme aussi des faits nouveaux qu'il signale lui paraissent mettre hors de doute que le mur représente un sol de végétation. Il développe entre autres longuement la question du taraudage des végétaux du toit par des radicelles de stigmaria.

Il aborde ensuite la question des troncs-debout que l'on rencontre dans le toit des couches. Il expose des cas nouveaux qu'il a eu l'occasion d'observer personnellement, et conclut des faits qu'il signale que les troncs observés par lui étaient en place.

Passant ensuite en revue toutes les descriptions de troncs rencontrés jusque maintenant par d'autres auteurs dans le bassin houiller franco-belge, il conclut de l'étude critique qu'il fait de toutes ces descriptions qu'il ne lui semble pas admissible qu'aucun tronc ait été charrié.

Inutile de dire que de tout cela l'auteur conclut que la houille est une formation sur place, et il développe dans le dernier

(1) A. Renier : Ann. soc. géolog. de Belgique, t. XXXII, mém., pp. 291-314, 1 pl., 1906.

chapitre de son travail le mode de formation sur place qui lui semble le mieux conciliable avec les résultats de ses études paléontologiques.

X. STAINIER.

HYGIÈNE

—

S'il est une science qui progresse de jour en jour et qui rend à l'humanité des services inestimables, c'est bien l'*Hygiène*, depuis qu'elle se fonde sur les révélations des sciences physiques et naturelles. Hier encore, les disciples du grand Pasteur signalaient, en France, les résultats inespérés obtenus par l'hygiène prophylactique des nourrissons, au point de vue de la mortalité causée par l'*entérite* et la *bronchite* dans certaines villes.

Cette mortalité, souvent excessive, est due surtout à l'une ou à l'autre des trois tares héréditaires auxquelles bien peu d'enfants échappent aujourd'hui : la tuberculose, l'arthritisme ou la syphilis, qui affaiblissent l'organisme humain et créent un terrain favorable à l'évolution du microbe homicide.

La lutte contre la tuberculose est entreprise aujourd'hui avec une ardeur et une intelligence remarquables, dans tous les grands centres où l'on se préoccupe surtout de prévenir le mal, en *améliorant le terrain* par une alimentation et une habitation plus rationnelles. La malpropreté, la misère, l'intempérance et l'ignorance des parents contribuent, pour la plus large part, à favoriser les ravages de ces trois minotaures. C'est pourquoi les *Sociétés protectrices de l'enfance* ont ouvert partout des bureaux ou des asiles où l'on distribue du lait pur *aseptique*, des vêtements, et où les médecins donnent gratuitement aux mères des conseils pour l'alimentation et l'hygiène des nourrissons et de la maison.

Le 7 janvier dernier, nous assistions à Nice à la séance inaugurale d'une œuvre nouvelle mutualiste d'assistance maternelle. Les renseignements les plus suggestifs y ont été fournis par plusieurs médecins de la Riviera sur les ravages causés par les maladies infantiles dans les diverses régions de la France, sur les causes qui les déterminent et sur les résultats inespérés déjà obtenus par le concours de la charité et de la science.

" Sur 1000 enfants de moins d'un an qui meurent à Nice, dit le Dr Balestre, plus de 200 succombent à la gastro-entérite, près de 300 sont emportés par les maladies des voies respiratoires. Les maladies contagieuses, notamment la tuberculose, causent le troisième quart des décès. "

La direction méthodique de la nourriture et du sevrage permet d'arracher à la mort la plupart des enfants enlevés par la diarrhée parce que leur régime est livré au hasard. " La consultation des nourrissons, c'est la *véritable école des mères*, qui y apprennent les règles présidant à l'élevage rationnel de ces petits êtres et les moyens de se préserver activement de la plupart des maladies contagieuses. "

M. le Dr Balestre affirme que, sur 6462 enfants de moins d'un an qui sont morts à Nice en dix-huit ans, *4800* auraient pu être sauvés. " C'est la population d'une petite ville perdue par notre faute. "

L'expérience a prononcé déjà, en effet, sur la valeur de ces consultations de nourrissons.

A St-Pol-sur-Mer (1), la mortalité infantile était effroyable. *Depuis deux ou trois ans, cette mortalité a diminué de près de la moitié.* Dans la clinique du Dr Maygrier, à Paris, en cinq ans, *on n'a pas eu un seul décès par gastro-entérite et il meurt 40 enfants sur mille au lieu de 140.* Et à Nice, les enfants secourus par la *Société protectrice* meurent dans une proportion *moitié moindre* que l'ensemble de la population infantile.

Voilà certes des constatations bien faites pour encourager l'initiative de toutes les personnes charitables dont les aumônes s'égarent trop souvent en pure perte, parce qu'elles sont distribuées sans discernement.

L'intensité du mal, comme le fait observer fort bien le Dr Balestre, dépend de notre inattention et de notre ignorance

(1) St-Pol-sur-Mer, faubourg de Dunkerke. L'établissement fondé en 1887 par M. G. Van Kauwenberghe pour traiter les enfants atteints de tuberculose osseuse ou ganglionnaire, comme à Middelkerke, vient d'être transféré à Zuylcoote, au milieu des dunes voisines de La Panne, avec tous les perfectionnements scientifiques applicables aux divers services sur une surface de 100 hectares. Le bâtiment principal se développe sur un front de 420 mètres et est divisé en dix grandes salles donnant sur la mer, communiquant par des galeries vitrées avec de superbes dortoirs, gymnases, bains, douches, salles de récréations couvertes, pavillons d'isolement pour les enfants en observation ou atteints de maladies contagieuses, etc., etc., chauffage à la vapeur, éclairage électrique, etc., etc.

des merveilleux progrès réalisés par la science moderne : *Le quartier de Nice où il meurt le plus d'enfants est précisément celui où on consomme le plus d'alcool.*

La question des *logements sains et à bon marché* a fait aussi l'objet de nombreuses enquêtes, qui prouvent que le *manque d'air et de lumière* contribue, pour une large part, au développement de la tuberculose, même dans les pays chauds et abrités contre les vents du nord comme la Riviera.

Dans nos précédentes chroniques nous avons suffisamment appelé l'attention de nos lecteurs sur la question de l'insalubrité des logements pour nous dispenser d'y revenir.

Cette question fait en ce moment l'objet de nombreuses et savantes enquêtes à Paris, comme dans le midi de la France, où la malpropreté légendaire des gens du peuple contribue pour une si large part au développement de la mortalité. Si cette mortalité n'est pas plus considérable, il faut en rechercher la cause dans la *sobriété* des habitants, qui absorbent beaucoup moins d'alcool et qui mangent beaucoup moins que dans nos pays du Nord.

On ne saurait assez répéter que *nous mangeons et buvons beaucoup trop* et que cette intempérance, dont on invoque pour excuse la rigueur du climat, est une des causes principales de la mortalité, de la criminalité et de la dégénérescence de la race.

L'alcoolisme, qui sévit chez nous d'une façon si cruelle, favorise singulièrement, on le sait aujourd'hui, la propagation des maladies contagieuses et l'éclosion de bon nombre de maladies organiques qui abrègent l'existence.

C'est par antiphrase, sans doute, que l'alcool a été baptisé du nom d'*eau-de-vie* par nos ancêtres.

Mais ce que l'on ignore généralement, c'est que l'alimentation surazotée, l'*abus de la viande*, contribue aussi pour une large part à développer ou à faire naître une altération spéciale des tissus, particulièrement des artères, que l'on appelle l'*arthritisme* et qui, en deux ou trois générations, atteint profondément la constitution de la race.

La machine humaine, constamment surchargée des résidus d'une alimentation intensive et mal pondérée, intoxiquée par des *toxines* qui empoisonnent le sang et réagissent sur le cerveau, obéit à des impulsions redoutables, d'autant plus que le besoin d'excitants comme les boissons fermentées, se fait de plus en plus sentir. *La viande appelle le vin* et, sous l'empire de ces deux stimulants passionnels, *la bête humaine* prend aisément le dessus.

C'est ce que les anciens philosophes et législateurs avaient parfaitement compris, sans connaître le *pourquoi*, comme les savants qui nous l'enseignent aujourd'hui (1). Il est vraiment curieux de voir, au XXe siècle, la science rationaliste en revenir aux prescriptions de l'Église qui préconisait le jeûne et l'abstinence depuis 1800 ans, *comme une vertu nécessaire* pour gagner le ciel. Il n'y a pas bien longtemps que LES SAVANTS disciples d'Épicure se plaisaient à faire des gorges chaudes sur l'ignorance de ces moines et de ces religieuses qui se privaient volontairement de viande et de vins, considérés alors comme des dispensateurs précieux d'énergie physique et morale. Il suffit de relire bon nombre de *traités de médecine* et *d'hygiène de l'alimentation*, publiés il a trente ans à peine, pour être complètement édifié à cet égard (2).

Aujourd'hui, c'est une tout autre antienne. Depuis qu'une science plus sérieuse a rigoureusement démontré que la machine humaine est comparable, au point de vue organique, à une machine à feu qui n'a besoin que de matières hydrocarbonées pour produire de la chaleur et du mouvement, et que c'est une erreur de croire qu'il faut lui restituer beaucoup d'azote parce que ses tissus se décomposent rapidement, les augures de la science positiviste non seulement en reviennent aux prescriptions de l'Église, mais exhument toutes les citations classiques de Bouddha, de Confucius, de Pythagore, de Platon, etc., pour démontrer que la morale scientifique doit reposer dorénavant sur l'*hygiène de l'alimentation*, voire même sur le *végétarisme exclusif*.

Il est certain qu'une alimentation végétale bien comprise peut suffire à l'homme, surtout dans les climats chauds, comme en Asie où nous voyons des ouvriers indiens ou malais fournir un travail considérable parfois en ne mangeant que du riz et en ne buvant que de l'eau (3).

(1) Les pensées et les actions des hommes, disait Platon, sont intimement liées aux besoins et aux désirs de la boisson, de la nourriture et de l'amour sexuel : selon l'usage qu'ils en font, *il en résulte pour eux la vertu ou le vice*. Les esclaves du ventre, dit Salluste, doivent être comptés au nombre des morts ou *des animaux inférieurs*.

(2) Notamment le traité d'hygiène de M. H. Georges, de Paris, qui va jusqu'à prétendre que les races de nègres anthropophages sont plus énergiques et plus intelligentes que les peuplades végétariennes.

(3) Voir les récentes publications de M. Armand Gauthier, Dr Landouzy, Brouardel, etc.

Il est incontestable qu'à ce régime on évite à coup sûr une foule de maladies ou d'infirmités qui abrègent ou qui empoisonnent l'existence et que le problème de la vie à bon marché est résolu par le fait, puisqu'on peut très bien se nourrir pour moins de 60 centimes par jour avec des légumes et des fruits et qu'on a calculé que le prix de la calorie peut descendre jusqu'à un centime dans les hydrates de carbone comme le sucre, tandis qu'il s'élève à 50 ou 60 centimes dans la viande.

Mais ces savants théoriciens et expérimentateurs n'oublient-ils pas trop souvent de tenir compte des *coefficients de digestibilité* qui varient parfois singulièrement suivant les individus, les tempéraments, l'âge et les troubles fonctionnels qui affectent certaines périodes de la vie ?

Il est très utile d'établir des tables de richesse comparée des aliments en albumine, en graisse, en hydrates de carbone et en matières minérales. Mais ces tableaux ne sont-ils pas de nature à induire singulièrement en erreur les individus affectés de ce qu'on appelait jadis des *idiosyncrasies* diverses ?

Combien de gens, par exemple, ne parviendront jamais à digérer des champignons ou des fèves, plus riches que la viande en matières azotées, des fruits plus riches en matières minérales ou hydrocarbonées, des olives ou du maïs plus riches en matières grasses ?

Nous avons pu constater pour notre part qu'en l'occurrence ce n'est pas toujours la foi qui sauve, car nous avons assisté à plusieurs déconvenues cruelles chez des néophytes ardents de la foi nouvelle, forcés d'en revenir rapidement aux errements de leurs ancêtres. Ne serait-ce pas le cas de répéter une fois de plus : *In medio virtus* ? Mais en tout cas, il importe de s'inspirer le plus possible des découvertes de la science de l'alimentation, non seulement dans les ménages, mais *dans les écoles,* où elles sont trop souvent méconnues et où bien des enfants ont puisé le germe de maladies de l'appareil digestif ou du système nerveux, qu'une connaissance sérieuse des principes de la chimie alimentaire et de l'hygiène de la digestion aurait pu conjurer ou prévenir aisément. C'est ainsi que M. le Dr Landouzy démontrait récemment que l'ouvrier parisien se nourrit mal parce qu'il boit trop et mange trop peu ; ce qui est rarement le cas chez nous où, nous le répétons, le plus souvent on boit et mange trop et surtout l'on boit trop d'alcool, dans toutes les classes de la société.

Beaucoup de personnes, par exemple, appartenant aux classes

riches, aisées, ne se doutent pas qu'elles s'alcoolisent *au même titre* que les vulgaires consommateurs d'alcool en *buvant du vin,* surtout entre les repas. Et comme, plus on mange de viande, plus on est tenté généralement de boire du vin ou d'autres stimulants nervins, on crée, sans le savoir, un véritable cercle vicieux qui aboutit invariablement à l'*arthritisme* et à ses multiples accidents. L'usage du tabac contribue également, en activant la sécrétion des glandes salivaires et en irritant les muqueuses du tube digestif, à *provoquer la soif.*

Les végétariens constatent que la soif diminue ainsi que l'excitation du cerveau à mesure qu'on se prive davantage de viande, d'alcool et de tabac. C'est là un fait incontestable et sur lequel on ne saurait assez appeler l'attention de nos compatriotes.

Il ne suffit pas de demander à Dieu, en bon chrétien, la grâce *de ne pas nous induire en tentation :* il faut avoir le courage de ne pas s'y induire soi-même. Et aujourd'hui que la science nous permet de voir clair dans ces ressorts cachés de l'organisme dont le mystère était encore impénétrable pour nos parents, il serait vraiment impardonnable de ne pas tenir compte de ses révélations. L'abus des viandes et du vin, indépendamment des troubles fonctionnels, crée un véritable état d'*aliénation mentale,* dont les parents et les éducateurs de la jeunesse n'ont pas appris suffisamment à se défier jusqu'ici. Le vin devrait être proscrit dans une éducation rationnelle au même titre que ces dîners plantureux, ces banquets pantagruéliques, dont on abuse singulièrement dans les pays du nord et qui déterminent fatalement la dilatation de l'estomac avec ses exigences tyranniques toujours croissantes et souvent mortelles à l'âge mûr.

Tous les éleveurs et sportsmen savent très bien à quoi ils s'exposent en donnant trop d'avoine à un cheval, surtout quand il ne se fatigue pas assez. Mais les parents et les maîtres les plus lettrés ignorent malheureusement encore dans bien des pays le danger d'une alimentation ou d'un régime qui présente exactement les mêmes inconvénients parce qu'il excite et empoisonne la *bête humaine.* Leur aveuglement est comparable à celui de ceux qui, dans le domaine intellectuel, stimulent et pervertissent l'imagination de la jeunesse par des tableaux et des lectures licencieuses, sous prétexte de les initier aux merveilles de l'art et de la littérature contemporaine.

Comme le dit fort bien le Dr Landouzy, tandis que le paysan sait parfaitement comment il doit nourrir son cheval et sa vache,

la plupart des éducateurs ignorent encore les principes de l'alimentation rationnelle de nos enfants parce qu'ils n'ont pas été initiés aux découvertes de la science moderne. Il serait grand temps de consacrer à ces études nécessaires quelques heures de plus dans les programmes de nos écoles normales, où l'on a inscrit tant de branches, fort secondaires en regard de ces connaissances d'un intérêt primordial pour l'humanité.

Les instituteurs français ont raison de se plaindre de la surcharge ridicule de ces programmes, mais il est permis de se demander si, en Belgique, nous n'avons pas versé jusqu'ici dans les mêmes errements (1).

La tonicité musculaire et l'influx nerveux se perdent d'autant plus rapidement que l'excitation artificielle des fibres et des cellules a été plus vive et plus prolongée. Aussi voit-on survenir de bonne heure, chez les gros mangeurs et les alcoolisés, des troubles gastro-intestinaux caractérisés par des fermentations anormales des aliments. C'est surtout le gros intestin qui semble pâtir le plus de cet état contre nature ; son irritation continue produit des catarrhes chroniques du colon descendant, quand il n'engendre pas l'*appendicite,* cette épée de Damoclès de l'âge mûr, inconnue des générations pour lesquelles la viande et le vin étaient des aliments de luxe.

Voilà pourquoi ces maladies soi-disant nouvelles se manifestent aujourd'hui avec une fréquence dont on ignorait la cause avant les révélations de la chimie biologique et de l'anatomie comparée. L'examen de notre appareil intestinal, particulièrement du gros intestin, démontre en effet qu'il est mieux adapté à la digestion des végétaux qu'à celle de la viande, qui ne subit guère, dans l'appareil digestif des véritables carnivores, les fermentations anormales observées chez l'homme et entraînant la tympanisation et le catarrhe.

Les disciples de Pasteur ont cru trouver dans le lait caillé un remède efficace contre ces fermentations morbides parce que l'acide lactique serait microbicide, particulièrement dans la préparation appelée *lait de Bulgarie,* qui contient, paraît-il, un ferment spécial. Nous doutons fort que ce produit puisse remédier au mal, car il ne suffit pas d'entraver l'évolution des bactéries pathogènes, il faut remonter à la cause, et l'on ne peut régénérer chez les arthritiques impénitents les glandes alté-

(1) Voir la *Réforme des humanités,* par A. Proost, Édit. Schepens, 1896.

rées ou détruites et le système nerveux épuisé par les excès. Néanmoins le lait caillé constitue, pour les arthritiques et les dispeptiques qui le supportent, un médicament précieux et à la portée de tous. A ce propos, faisons remarquer que bon nombre de ces malades ne supportent pas le régime lacté tant vanté par les médecins qui le prescrivent souvent en parfaite ignorance de cause.

En effet, si le lait constitue un aliment complet et léger chez les enfants dont le foie et le pancréas sont sains et qui digèrent par conséquent les matières grasses en suspension dans ce liquide, il n'en est pas de même chez les vieillards et chez tous les arthritiques atteints de dégénérescence de ces organes. L'école d'Hippocrate avait déjà parfaitement observé le fait sans l'expliquer, quand elle formulait cet aphorisme oublié par les Esculapes modernes qui prescrivent la diète lactée partout où ils découvrent de l'inflammation ou de l'irritation chronique : *Le vin est le lait des vieillards.*

En d'autres termes, il est nécessaire, dans certains cas, d'user de stimulants et d'excitants pour remédier à l'atonie des organes, cause première de l'irritation ou d'autres troubles fonctionnels ; mais, par malheur, le sujet finit presque toujours par forcer la dose parce que les organes s'émoussent et réagissent de moins en moins à mesure qu'on les excite davantage. Conclusion : la sobriété seule peut empêcher l'homme d'aboutir à un certain âge à *ce cercle vicieux*, cause de mort prématurée.

Mais la sobriété est *une habitude* qu'il devient fort difficile d'acquérir dans l'âge mûr quand la volonté s'affaiblit avec les autres facultés. C'est pourquoi tant de vieillards succombent victimes de leur impuissance à suivre le régime que la raison leur prescrit. Et le plus souvent leur vieillesse et leurs infirmités sont aussi prématurées que leur décès. *Tout est habitude dans la vie,* la vertu comme le vice, et la sobriété ne coûte guère à ceux qui ont exercé leur volonté de bonne heure et qui n'ont pas été élevés par des parents ou des maîtres inconscients des lois de la nature.

Nous avons vu obtenir des résultats inespérés par l'usage du lait *écrémé* chez les arthritiques, les convalescents et les vieillards qui ne supportaient ni le lait pur ni le lait caillé. Il convient d'appeler l'attention des mères de famille et des gardes-malades sur cet aliment liquide qui contient tous les principes du laitage à l'exclusion de la graisse et qui se trouve partout, aujourd'hui que les sociétés coopératives agricoles emploient

couramment les écrémeuses centrifuges. Il constitue, en été surtout, une boisson économique des plus rafraîchissantes et nullement indigeste, remplaçant avantageusement la bière et le vin ou *les mélanges d'eau, d'essence et d'alcools divers comme l'absinthe.*

L'alcoolisme constitue, on l'a démontré et répété à satiété, un des principaux facteurs de la tuberculose, ce qui n'empêche qu'il continue à sévir de plus belle dans toutes les classes de la société, et surtout dans les milieux populaires où l'hygiène morale, c'est-à-dire *la religion*, fait défaut.

L'expérience prouve, en effet, que les meilleurs conseils et les conférences les plus suggestives sont inopérants dans les centres industriels travaillés par le socialisme. La progression véritablement effrayante de la criminalité dans nos grandes villes sous l'empire du délire alcoolique devrait, semble-t-il, ouvrir les yeux à nos législateurs et à nos politiciens athées. Les désespérés de la vie deviennent de plus en plus nombreux dans les sociétés où sévit le *struggle for life* sans pitié et sans espérance dans une vie meilleure ; et il n'est plus guère de jour où la presse quotidienne n'enregistre quelque drame horrible, odieux attentats, massacres féroces d'enfants ou de vieillards inoffensifs, agressions en pleine ville et en plein jour par ces bandes organisées d'*apaches* dont on semble encourager les exploits en les relâchant toujours.

N'est-ce pas là le retour à la barbarie prédit par tous les penseurs que n'aveugle pas l'esprit sectaire antireligieux, et qui faisait dire à Voltaire lui-même, dans un accès de sincérité : *Si Dieu n'existait pas, il faudrait l'inventer ?* Quoi qu'en disent nos docteurs positivistes qui ne voient pas au delà de l'horizon de la matière, l'*hygiène de l'âme* est plus nécessaire encore que l'hygiène physique sur laquelle ils prétendent reconstruire l'édifice de la morale. Parce que, comme l'a fort bien fait observer Herbert Spencer, l'homme se détermine beaucoup plus par des sentiments que par des motifs rationnels.

Nul n'admire plus que nous les merveilleuses découvertes de la science de la vie. Nous croyons l'avoir prouvé en insistant sur la nécessité pour tous ceux qui ont charge d'âme de s'initier aux révélations de la biologie, qui permettent, non seulement de prévenir et de porter remède aux misères physiques de l'humanité, mais, en triomphant des tares héréditaires ou acquises, de rétablir souvent l'équilibre rompu entre les facultés organiques et psychiques.

En terminant, nous croyons devoir appeler l'attention de nos lecteurs sur les nouveaux travaux des bactériologistes et des médecins qui s'efforcent de trouver le sérum des maladies contagieuses, comme la tuberculose, et sur les progrès inespérés de l'électrothérapie.

Nous avons visité à Gênes la clinique du professeur Maragliano qui ne fait pas mystère du résultat de ses expériences, comme d'autres savants bien connus. En attendant que M. le professeur Behring ait découvert un vaccin qui permette de prévenir la tuberculose humaine, comme il a réussi à prévenir la tuberculose bovine (1), M. Maragliano *vise surtout à mettre en état de défense l'organisme menacé par la tuberculose* en secondant la *vis medicatrix* de la nature. En distinguant les ravages causés par les bacilles et les toxines qu'ils sécrètent, il a été amené à produire d'abord une *antitoxine* neutralisant les effets du poison tuberculeux des microbes et à découvrir un produit qui tue les bacilles eux-mêmes et qu'il a appelé *bactériolysine*.

Les médecins de nos diverses écoles peuvent ergoter tant qu'ils voudront sur la valeur de *sa théorie ;* il n'en est pas moins vrai que les résultats obtenus dans cet hôpital sont indéniables et que des malades dont la situation paraissait désespérée en sont sortis complètement guéris en apparence.

M. Maragliano déclare lui-même qu'il ne se targue point de guérir les malades dont les poumons sont en pleine décomposition, mais il affirme qu'on peut empêcher les *tuberculeux* de devenir *phtisiques*, et qu'on peut empêcher l'*homme* de devenir *tuberculeux*.

Voilà de l'hygiène préventive bien comprise et dont feront bien de s'inspirer surtout tous les disgraciés de la nature, affligés de tares héréditaires ou de dégénérescences résultant de leurs imprudences ou de leurs excès.

Les résultats obtenus récemment à l'Hôtel-Dieu, à Paris, par l'application des courants électriques de *haute fréquence* ne sont pas moins surprenants que ceux que l'on obtient par les sérums et les antitoxines dans la prophylaxie des maladies contagieuses.

Ces courants à alternances répétées (jusque 250 000 par seconde et plus), étudiés par M. d'Arsonval, sont particulièrement efficaces dans les affections produites par le *ralentissement de la nutri-*

(1) Le *bovovaccin* de Behring permet déjà de conjurer la contamination par le lait tuberculeux qui inocule aux enfants en bas âge les germes de mort. Les récentes expériences de Melun ont confirmé sa découverte d'une façon éclatante.

tion (1) comme le diabète, la goutte, l'ARTHRITISME. *Ils modifient l'hypertension artérielle qui est la cause de l'artério-sclérose.* Le patient placé dans la cage d'Arsonval (Solénoïde), électrisé par induction de ses courants à grande tension, sent la pression artérielle baisser rapidement en quelques minutes et éprouve un bien-être extraordinaire qui persiste après quelques séances ; de sorte que l'on voit des arthritiques, considérés comme incurables parce que leur mal était rebelle à tout autre traitement, recouvrer la santé, à condition d'éviter soigneusement tout excès de table.

M. le Dr Moutier a même obtenu, par la méthode d'Arsonval, l'expulsion de calculs et de sable chez les malades atteints de gravelle, et calmé presqu'instantanément des coliques néphrétiques et hépatiques ou des crises neurasthéniques. Ce n'est certes pas une hyperbole que d'affirmer que ces résultats tiennent véritablement du merveilleux. L'homme devient le maître de sa machine, car il active à volonté la combustion interstitielle et remonte ou abaisse à son gré la tension des artères.

A. PROOST.

BOTANIQUE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE

—

A propos de Quinquina. — Dans le fascicule d'octobre 1905 de cette REVUE, le R. P. Bosmans, S. J., a résumé un intéressant article du R. P. J. Rompel sur l'*Histoire du quinquina*. Cette notice nous a suggéré l'idée de présenter aux lecteurs de la REVUE un rapide aperçu des efforts tentés par différents gouvernements de l'Amérique pour introduire chez eux la culture rationnelle d'une plante aussi utile.

La culture des arbres à quinquina, représentants du genre *Cinchona* de la famille des Rubiacées, a été essayée un peu partout ; mais elle n'a guère été couronnée de succès que dans les Indes anglaises et dans les Indes néerlandaises, où l'on y a d'ailleurs consacré des sommes considérables et mis à profit la science et l'expérience de leurs meilleurs agronomes et chimistes :

(1) Voir l'*Année scientifique et agricole 1886*, par A. Proost, édit. Schepens, Bruxelles.

leurs efforts ont abouti à faire de cette plante, à Java, une culture modèle. Dans l'Amérique du Nord, la culture des plantes à quinine a été tentée plusieurs fois ; on l'a essayée en Californie, en Géorgie, en Floride, toujours sans succès ; récemment encore, en 1902, on a fait des plantations expérimentales, et leur résultat, très peu encourageant, doit plutôt faire considérer ce groupe de plantes comme non cultivables dans l'Amérique du Nord, dont les conditions physiques et météorologiques semblent d'ailleurs défavorables aux *Cinchona*.

Au Mexique, pendant le passage de l'empereur Maximilien à la direction des affaires, on installa, en 1866, dans les environs de Cordoba, à une altitude de 92 mètres et sous une température de 22° C., des quinquinas qui végétèrent au début ; leur développement fut même suffisant pour permettre un envoi d'écorce à l'Exposition universelle de Philadelphie, en 1876. En 1891, on estimait encore la surface plantée de *Cinchona* à 200 acres, et le nombre de pieds à 40 000 ; mais, depuis, les plantations paraissent avoir été complètement abandonnées et des renseignements récents, fournis par le consul hollandais à Mexico, on peut déduire que cette culture est perdue. Au Guatemala, les premiers essais datent de 1880. En 1891, il y avait, d'après certaines estimations, 2 000 000 de pieds dans les diverses plantations. Actuellement ce petit pays est encore un de ceux de l'Amérique qui jettent sur les marchés européens un peu d'écorce de quinquina ; c'est à Londres surtout et à Hambourg que sont présentés les produits de cette origine.

Les *Cinchona* se rencontrent à l'état indigène au Venezuela, mais on ne s'occupe pas de leur culture ; il semble même que l'exploitation ne s'y fasse plus, car ce produit, qui jadis figurait sur la liste des exportations, en a totalement disparu

Le Venezuela et Costa-Rica avaient envoyé à l'Exposition de Saint-Louis des échantillons d'écorce ; malheureusement on ne possède sur l'exploitation de ce produit, probablement active pendant un certain temps, que des renseignements très vagues. M. le Dr Preuss a estimé, en 1899, l'exportation du Venezuela à 6 400 kilos d'écorce de quinquina, qui auraient été fournis à l'Allemagne. Cette exportation proviendrait des *Cinchona Tucuyensis* et *C. cordifolia* ou *rotundifolia*, deux plantes de beaucoup moindre valeur que celles cultivées dans les Indes néerlandaises. Les écorces de provenance américaine ne renferment, en effet, que 6 à 7 % de quinine, alors que celles des cultures javanaises en renferment en moyenne 13 à 20 %.

En Colombie, le commerce du quinquina, qui y est indigène, après avoir été plus ou moins florissant, a perdu son importance en dépit des efforts du gouvernement pour l'encourager. Le gouvernement a même décidé d'accorder une prime de 1000 dollars pour toute plantation de 10 000 arbres de *C. succirubra, ledgeriana, lancifolia, pitayensis*, mais cet appât n'a point fait progresser la culture. Il semble exister dans la région trois grandes plantations dont deux seraient encore en exploitation régulière et posséderaient ensemble environ 500 000 arbres, donnant une écorce de très belle qualité ; la troisième plantation a été abandonnée par suite de la baisse des prix.

Dans l'Orénoque, le Guayana, le Jurua on rencontre également des *Cinchona*, mais leurs écorces n'arrivent guère sur les marchés ; pauvres en quinine, elles sont d'ailleurs très peu estimées.

Le Pérou, le pays d'origine de l'écorce de quinquina, ne compte plus guère dans ce commerce. En 1900, la quantité de quinquina exportée se chiffrait par 31 500 kilos, et il n'est pas question d'exportation de quinine. Il en est de même pour l'Équateur, qui depuis quelques années n'exporte presque plus de quinquina.

Au Brésil, les essais de culture ont été renouvelés fréquemment. En 1868, Glazion en installa à Thérésopolis ; en 1891, il y avait dans cette région de belles plantations, mais l'écorce que l'on en obtenait ne renfermait que 1,92 % de quinine. Grâce à l'appui du gouvernement, il existait en 1897-1898, 500 000 arbres de *C. ledgeriana* et 20 000 pieds environ d'hybrides, en pleine terre. Dans les autres régions brésiliennes, cette culture n'a guère été couronnée de succès plus brillants; aussi exporte-t-on peu ou point de quinquina de cette origine. Il est curieux de constater que ce pays, riche en essences à quinine, reçoit d'Europe l'écorce de quinquina et la quinine qu'y emploie la médecine.

C'est la Bolivie qui a, dans l'Amérique du Sud, le plus d'importance pour la culture des *Cinchona*. Les premiers essais remontent à 1870 et sont dus à l'influence de Ledger qui préconisa ce genre de culture. En 1878, des Allemands en installèrent dans les environs de La Paz, et, en 1880, on comptait sur les montagnes de Mapiri environ 500 000 jeunes plantes ; trois ans plus tard on estimait leur nombre à 6 500 000 environ, mais dans ce nombre, il y aurait eu des plantes de valeur très différente. L'exportation de quinquina atteignit, en 1902, 398 750 kilos.

Parmi les îles américaines, la Jamaïque a eu jadis une certaine importance, mais elle a bien diminué. Ce fut en 1860 que l'on tenta les premiers essais, et c'est en 1878 que la première

yellow bark de cette provenance fut vendue à Londres où la qualité du produit fut reconnue bonne. En 1890, plus de 1100 hectares étaient dévolus à cette culture, et le gouvernement avait créé neuf jardins d'essais occupant 58 hectares. On a même tenté, comme stimulant, d'installer une fabrique de quinine, mais sans succès.

A la même époque, on fit des essais analogues à Trinidad, sans résultat encourageant; actuellement Trinidad ne produit plus de quinquina, et réserve ses terrains pour le cacao et d'autres fruits. A la Martinique et la Guadeloupe, les essais ont été aussi abandonnés.

Les quinquinas de l'Amérique du Sud n'ont donc sur le marché qu'une bien faible importance. D'après des statistiques, assez vieilles, malheureusement — elles datent de 1901 — la production aurait été cette année-là de 775 000 livres anglaises, soit environ 4.5 °/₀ de la production mondiale.

De nos jours les Anglais et les Hollandais sont maîtres du commerce de la quinine. C'est vers 1851 que les quinquinas furent introduits à Java et dans les Indes anglaises. Le premier plant qui parvint à Java, en 1851, fut offert au gouvernement néerlandais par le Muséum de Paris. On le planta sur les flancs du célèbre volcan Gedeh ; il mourut en 1862, après avoir été multiplié par boutures. Ce premier succès amena naturellement les Hollandais à rechercher en Amérique d'autres espèces, et, par des soins appropriés, à constituer des variétés et des hybrides qui fournissent actuellement des rendements inespérés.

Nous n'avons rien dit de l'Afrique ; on n'y a obtenu, avec les *Cinchona*, que des résultats très incertains et il semble même peu probable que ce continent et les îles avoisinantes puissent jamais devenir des centres de production de quinquina. Nous ne ferons pas ici l'historique des essais tentés en Afrique ; il nous a paru plus intéressant d'insister sur les cultures américaines, pour mieux faire ressortir l'importance acquise par le quinquina en dehors de son pays d'origine devenu tributaire de l'étranger. C'est là un fait qui s'observe encore pour d'autres produits tropicaux, le café, par exemple, qui, originaire de l'Afrique, est actuellement produit surtout par le Brésil qui fournit même certaines régions de l'Afrique où il existe des caféiers indigènes.

Culture et industrie du coton aux États-Unis. — Dans un volume que vient de faire paraître à Paris (A. Challamel, éditeur, rue Jacob, 17) M. Fr. Bernard, chargé de missions par l'Asso-

ciation cotonnière coloniale française, nous trouvons, outre des renseignements très pratiques sur la culture du cotonnier telle qu'elle se pratique dans la région la plus productrice du monde, des indications très intéressantes sur l'état des industries annexes, qui, depuis quelques années, ont donné un nouvel essor à l'industrie principale. L'auteur insiste sur les résultats obtenus en Amérique par l'outillage mécanique qui a transformé complètement les conditions de cette culture intensive.

Après l'égrenage qui a séparé de la filasse qui l'entoure la graine proprement dite, une partie de celle-ci est conservée pour les ensemencements futurs, l'autre sert à l'extraction d'une huile qui, depuis ces dernières années, arrive de plus en plus abondante sur les marchés et entre même actuellement pour une grande proportion dans beaucoup d'huiles dites d'olives commerciales.

D'une tonne de graines de cotonnier, le planteur obtient :

Huile	138 kilos
Farine ou tourteau.	375 „
Bourre de coton	12 „
Pelure de graines	400 „
Déchets	75 „

Le tableau suivant montre le progrès de ces industries annexes.

ANNÉES	NOMBRE D'USINES	NOMBRE DE TONNES DE GRAINES	VALEUR DE LA GRAINE	VALEUR DES PRODUITS RETIRÉS DE LA GRAINE
			FR.	FR.
1870	26	80 000	3 200 000	7 500 000
1875	35	150 000	7 500 000	14 500 000
1880	45	280 000	14 000 000	24 500 000
1885	80	550 000	27 500 000	48 000 000
1890	119	1 000 000	60 000 000	119 000 000
1895	250	1 800 000	108 000 000	166 000 000
1900	400	1 900 000	119 000 000	175 000 000

On ne peut assez recommander la lecture de cet important ouvrage aux coloniaux qui désirent entreprendre la culture de ce textile. Certes il n'est pas complet, mais il renferme une foule de détails pratiques qui éviteront aux planteurs bien des tâtonnements. Souhaitons que M. F. Bernard, qui va continuer ses enquêtes cotonnières dans l'Afrique, en Algérie, en Tunisie, en Égypte, puisse parfaire son travail et nous donner, sur la matière, un traité complet.

Le thé de Formose. — La guerre russo japonaise a attiré l'attention sur cette région de l'Asie dont le commerce devient de jour en jour plus important. Un des produits de l'exportation de Formose est le thé, qu'on y cultive sur des espaces très étendus dans le nord de l'île. On récolte sur le penchant des collines et dans certaines vallées qui séparent les plateaux, des variétés de thé excellentes, telles que celle connue sous le nom commercial de " thé U-long ".

Les conditions topographiques et climatérologiques sont d'ailleurs particulièrement favorables à cette culture dans toute cette région ; mais les trois localités Toa-Ko-Ham, Keelung, Shiutiam, situées en amont de la rivière San-Hsi-Lien, sont les centres de production les plus réputés.

La culture du théier y remonte au moins à un siècle ; au début elle se restreignait à l'usage particulier des habitants, et c'est, semble-t-il, de 1855 seulement que datent ses premiers progrès ; élargissement des plantations, sélectionnement des plantes, amélioration des procédés de préparation qui actuellement surtout font l'objet de recherches de la part de stations officielles.

Les planteurs emploient huit variétés différentes, dont ils ont appris à connaître les caractères et les exigences ; ce sont de petits arbrisseaux dont la taille varie de 36 à 84 centimètres. C'est généralement par marcottage que ces théiers sont multipliés ; on est ainsi à peu près sûr de conserver aux descendants les caractères de la race primitive. Après quatre ans de culture, les marcottes enracinées sont suffisamment développées pour une première exploitation. Les plantes de 13 à 15 ans, qui ont donc été exploitées pendant une dizaine d'années, sont coupées à la base ; les rejets peuvent alors être à nouveau épluchés.

La cueillette ne se fait pas en une fois ; mais, d'avril à novembre, elle se repète environ une dizaine de fois. Suivant l'époque de la récolte, on obtient des qualités un peu différentes, auxquelles on donne le nom de la saison où on les a récoltées. La cueillette se fait à la main, et avec le plus grand soin.

Dans le nord de Formose, on estime le rendement d'une plantation à 2000 livres de feuilles fraîches par *tcho*, qui vaut 9 915 mètres carrés.

Formose produit actuellement deux qualités principales de thé : " U-long " et " Pao-tchung ". Le premier est préparé par la méthode ancienne plus ou moins perfectionnée ; le second est obtenu par un procédé introduit plus tard dans l'île.

Pour obtenir le " U-long ", les feuilles du théier doivent subir deux séries de préparations : la première porte sur le choix du producteur, et revient au planteur ; la seconde sur le traitement du produit, et concerne le commerçant en gros. Le thé ordinaire se prépare encore le plus souvent à la main ; aussi sa qualité dépend-elle en grande partie de l'habileté de l'ouvrier, habileté qui ne s'acquiert que par une très longue pratique. Les feuilles, après la récolte, sont étalées au soleil sur des toiles afin de subir un premier *flétrissage ;* après quoi, on les entasse dans des corbeilles en bambous où elles vont subir un second flétrissage ; elles en subiront un troisième, dans des sortes de vans. Cette opération, qui n'est qu'une fermentation, doit être conduite avec soin : le temps nécessaire pour obtenir les résultats désirés varie beaucoup avec les conditions extérieures.

Après le flétrissage commence la *torréfaction*, pendant laquelle l'ouvrier doit veiller à ce que la température ne s'élève pas au-dessus d'un certain degré ; il en est de même pendant le *desséchage* qui vient ensuite et doit être repris plusieurs fois. Le temps nécessaire à ces manipulations n'est pas le même pour les thés des différentes saisons. Les thés de printemps et d'automne demandent 8 heures en moyenne pour passer par ces différentes phases, le thé d'été 6 heures seulement, et le thé d'hiver 7 heures.

On estime qu'il faut 4 livres de feuilles fraîches pour obtenir 1 livre de thé préparé ; le rendement d'un tcho serait donc de 500 livres de thé préparé. Celui-ci, dans la région et pour le thé U-long, est emballé en sacs de 50 livres, d'où son nom de " thé en sac ".

C'est la ville de Ta-tu-tia qui est l'entrepôt principal du thé ; ce sont les négociants de cette cité qui vont dans les plantations acheter le thé en sacs et lui font subir dans leurs magasins une sorte de raffinage. Les feuilles sont triées, après avoir été tamisées, puis séchées au four pendant 7 à 8 heures. Après le séchage, on les renferme dans des caisses. Cette nouvelle série d'opérations fait perdre au thé environ 10 à 15 p. c. de son poids. Les caisses d'emballage sont doublées de papier de plomb, et le

bois dont on les construit est ordinairement celui d'un conifère de la région d'Amoy. Ce thé raffiné est connu sur le marché japonais sous le nom de " thé en caisse ".

Le thé U-long est de qualité intermédiaire entre le thé noir et le thé vert. Sa fabrication assez spéciale lui donne un arome particulier très apprécié des amateurs. Les analyses chimiques des deux qualités extrêmes de ce thé ont donné en moyenne les résultats suivants :

	Qualité supérieure	Qualité inférieure
Théine	1 963	1 933
Tanin	9 630	6 163
Albumine	16 625	15 925
Matières extractives	42 822	34 620
Eau	8 838	11 780
Cendres	6 503	7 600

Quant au thé " Pao-tchung ", sa fabrication est d'origine chinoise ; le mode de préparation a été introduit à Formose il y a environ trente ans seulement.

On part du thé U-long ; on l'entasse dans une chambre avec des fleurs odoriférantes qui doivent lui communiquer un arome particulier. Une fois le thé bien imprégné de l'odeur des fleurs, on met le mélange à sécher au soleil, puis on trie le tout pour séparer les fleurs.

On signale quatre fleurs à mélanger à ce thé, mais nous ne connaissons pas leurs noms. L'emballage se fait en petits paquets qui, à leur tour, sont empaquetés dans des caisses en bois à parois garnies intérieurement de feuilles de plomb.

Comme nous l'avons dit, c'est Ta-tu-tia qui est le centre du commerce du thé, c'est là qu'affluent toutes les récoltes, aussi y règne-t-il une grande animation pendant la saison ; on estime à plusieurs milliers le nombre d'ouvriers et d'ouvrières employés en ce moment aux diverses manipulations.

Les négociants en thé de Formose sont de nationalités très différentes : Européens, Américains, Chinois, indigènes et Japonais. Mais ce ne sont guère que des maisons européennes ou américaines qui s'occupent du raffinage et de l'exportation : elles sont au nombre de sept, trois européennes, quatre américaines.

L'exportation du thé de Formose est de date relativement récente ; elle fut inaugurée il y a quarante ans environ par un Anglais, John Dodds, qui en expédia 5000 livres à Amoy, d'où il

passa en Amérique. Actuellement, c'est devenu, avec le riz et le camphre, un des articles principaux du commerce de Formose qui en expédie annuellement pour une valeur de 7 000 000 de yens (yen = fr. 2,58).

Ce sont actuellement encore les États-Unis de l'Amérique du Nord qui sont les principaux acheteurs pour le thé U-long : ils prennent environ les 9/10 de l'exportation totale ; viennent ensuite le Canada et l'Angleterre.

Quant au Pao-tchung, ou thé parfumé, il est surtout demandé par Java, Bornéo, Sumatra et les autres îles de la Malaisie qui prennent 8 à 9/10 de l'exportation totale; le reste passe en Annam, au Siam, à Singapour et dans les autres localités des Straits.

Sans insister sur les statistiques, nous croyons utile, pour montrer l'extension du commerce de ce produit, de donner quelques-uns des chiffres représentant la quantité et la valeur du thé exporté depuis 1867.

	Quantité en livres anglaises	Valeur en yens à Formose
1867	203 000	—
1870	1 054 000	—
1880	9 047 000	3 278 524
1890	12 862 900	4 688 475
1893	16 394 900	6 167 761
1900	14 598 584	5 300 193
1904	13 588 222	6 246 428

C'est en 1893 que l'exportation a atteint son maximum *en poids*, et en 1897 son maximum *en valeur :* 15 228 643 livres valant à Formose 6 906 030 yens.

La production du café aux Indes. — On cite constamment les chiffres de la production du café au Brésil, mais on ne trouve que peu de renseignements sur la production des Indes anglaises, qui mérite cependant d'entrer en ligne de compte.

A la fin de 1904, on comptait dans ces régions 212 964 acres de terrain en caféiers, tous, sauf 335 acres, situés dans la " Southern India ". La production du café est limitée à une aire étroite, dans une région élevée, au delà de la côte sud-ouest ; les districts Mysore, Coorg, Madras, Nilgiris, Malabar, comprennent 86 % de la surface totale occupée par cette plante aux Indes.

Le Mysore possède à lui seul la moitié des terres cultivées en café ; en 1904 il y avait 104 287 acres, tandis que Coorg n'en possédait que 48 142 et Nilgaris et Malabar 30 000 environ. Madras, Saleme, Corimbatore, Travencore, Cochin, Burma, Assam, Bombay, fournissent également du café, mais en quantité très réduite.

Si l'on représente la surface cultivée et la production de 1885 par 100, les années suivantes la surface et la production seront données par les chiffres suivants :

	Surface	Production
1885	100	100
1886	97	100
1887	103	74
1888	104	98
1889	110	65
1890	114	63
1891	111	84
1892	110	80
1893	112	75
1894	117	76
1895	120	78
1896	128	57
1897	122	61
1898	121	73
1899	116	76
1900	115	66
1901	110	69
1902	100	73
1903	96	78
1904	90	89

Ces chiffres montrent, d'une part, qu'après avoir pendant une certaine période cherché à augmenter la surface cultivée, on a depuis abandonné quelques plantations ; d'autre part, ils font voir que, même avec une plus grande surface, on n'obtient plus dans les Indes un rendement comparable à celui de 1885.

Pendant la période de 1889-1905, on a noté, en 1895, la plus forte production avec un total de 40 141 667 livres et la plus faible en 1901 avec 15 585 003 livres. Pendant les deux dernières années, les exportations se sont chiffrées et réparties comme suit :

	1904-1905	1903-1904
	—	—
Angleterre	17 074 624	20 982 528
Autriche-Hongrie	219 296	400 960
Belgique	402 752	470 176
France	11 716 880	10 850 112
Allemagne	227 248	315 616
Italie	17 027	70 112
Égypte	2 016	—
Afrique orientale (anglaise)	784	896
" " (allemande)	4 032	2 352
" " (portugaise)	—	336
Madagascar	224	—
Maurice	95 536	35 504
Natal	10 416	14 336
Cap de Bonne-Espérance	112	—
États-Unis	33 600	21 504
Arabie	227 360	272 272
Bavière	—	64 176
Ceylan	1 999 872	2 565 584
Mekran et Sonmiani	—	112
Perse	15 232	18 032
Turquie d'Asie	59 136	25 200
Australie	514 304	820 656
Totaux	32 620 451	36 930 464

Pendant l'année 1904, 22 522 personnes furent employées aux plantations d'une manière permanente et 51 870 temporairement, ce qui fait, en moyenne, une personne par 26 acres.

Les Indes, tout en exportant du café, en reçoivent de 800 000 à 1 300 000 livres. Amené à Burma, ce café provient surtout des Straits Settlements; celui qui arrive à Bombay provient d'Europe et en grande partie, par des réexpéditions, d'Autriche-Hongrie.

L'exportation a augmenté, dans les dernières années, mais la valeur a continué à diminuer malgré la diminution de production du Brésil. On sait que la plus forte production en café a été atteinte au Brésil en 1901-1902; elle se chiffrait alors par une exportation de 15 439 000 sacs, en 1902-1903 elle tombe à 12 324 000 et en 1903-1904 à 10 407 000 sacs ; en 1904-1905 elle n'a guère dépassé 10 000 000, et en 1905-1906 on ne croit pas qu'elle atteindra ce chiffre.

É. D. W.

TABLE DES MATIÈRES

DU

NEUVIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LIX DE LA COLLECTION

LIVRAISON DE JANVIER 1906

—

Le Chanoine Nicolas Jean Boulay, par **M. le Chanoine Bourgeat** 5

Les Observatoires de la Compagnie de Jésus au début du xxe siècle, par le **R. P. P. de Vregille, S. J.** . 10

L'Industrie de l'Or, par **M. le Vte R. de Montessus** . . 73

Les Origines de la Statique *(suite)*, par **M. P. Duhem** . 115

Le Coté militaire du Néo-Protectionnisme britannique, par **M. C. Beaujean**. 149

Le Tunnel et le Chemin de fer électrique de la Jungfrau, par **M. G. de Fooz** 171

L'Haeckélianisme et les Idées du P. Wasmann sur l'Évolution, par le **R. P. R. de Sinéty, S. J.** 226

L'Éclipse totale de Soleil du 30 août 1905, par **M. l'abbé Th. Moreux**. 243

Bibliographie. — I. Cours d'Analyse mathématique, par Ed. Goursat, tome II, **M. O** 282

II. 1. Die Anfangsgründe der Differentialrechnung und Integralrechnung für Schüler von höheren Lehranstalten und Fachschulen, dargestellt von Dr Richard Schröder. 288

2. Ueber die Anwendungen der darstellenden Geometrie insbesondere über die Photogrammetrie, von F. Schilling. 293
3. Leçons de Mécanique élémentaire, par P. Appell et J. Chapuis, **J. T.** 294

III. Traité de Physique, par O. D. Chwolson, **J. Thirion** 295

IV. Les Quantités élémentaires d'Électricité, Ions, Électrons, Corpuscules. Mémoires réunis et publiés par H. Abraham et P. Langevin, **J. T.** 303

V. Manuel pratique de Radiologie médicale, par le Dr E. Dupont, **J. T.** 306

VI. Manuel des Recherches préhistoriques, publié par la Société préhistorique de France, **J. G.** 307

VII. Six Leçons de Préhistoire, par G. Engerrand, **J. G.** 310

VIII. Science et Apologétique, par A. de Lapparent, **G. Lechalas** 314

Revue des recueils périodiques.

Biologie générale, par **J. M., S. J.** 321

Physiologie, par **J. M., S. J.** 333

Agriculture, par **A. François** 343

Nécrologie. — M. Gustave Dewalque, **J. T.** 352

LIVRAISON D'AVRIL 1906

—

Le Centenaire de Le Play, par **M. A. Beernaert** . . . 353
La Fonction économique des Ports.
Introduction, par **M. É. Van der Smissen** 357
I. La Fonction économique des ports dans l'Antiquité grecque, par **M. H. Francotte**. 360
Les Origines de la Statique *(suite)*, par **M. P. Duhem**. 383
Conflits de faits et Conflits de tendances, par **M. J. M.** 442
Formation sur place de la Houille, par le **R. P. G. Schmitz, S. J.** 462
Les Observatoires de la Compagnie de Jésus *(fin)*, par le **R. P. P. de Vregille, S. J.** 493

Variétés. — I. *Curiosités médicales*, par **M. le Dr Mœller**. 580
II. *La Réduction des Intensités lumineuses en Peinture*, par **M. G. Lechalas** 589

Bibliographie. — I. Cours d'Analyse infinitésimale, par Ch.-J. de la Vallée Poussin, **R. d'Adhémar** 596
II. Leçons d'Algèbre et d'Analyse, par Jules Tannery, **M. O.** 599
III. Encyklopädie der Elementar-Mathematik,... von H. Weber und J. Wellstein, **H. B.** . . 605
IV. Lehrbuch der analytischen Geometrie. Erster Band : Geometrie in den Grundgebilden erster Stufe und in der Ebene, von L. Heffter und C. Koehler, **H. B.** 607
V. Anfangsgründe der darstellenden Geometrie für Gymnasien, von Fritz Schütte, **H. B.** . 608
VI. Die Planimetrie für das Gymnasium, von G. Holzmüller, **F. W.** 608
VII. Einleitung in die Funktionentheorie, von Stolz und Gmeiner, **F. W.** 610
VIII. Elemente der Vektor-Analysis, mit Beispielen aus der theoretischen Physik, von A. H. Bucherer, **F. W.** 611
IX. Vorlesungen über die Vektorenrechnung, mit Anwendungen Auf Geometrie, Mechanik und Mathematik, von E. Jahnke, **F. W.** . . . 611
X. La Science moderne et son état actuel, par Émile Picard, **G. Lechalas** 612

XI. La Théorie physique, son objet et sa structure, par P. Duhem, **P. C.** 615
XII. Traité de Géologie, par A. de Lapparent, **X. Stainier** 619
XIII. The Origin and Influence of the Thoroughbred Horse, by William Ridgeway, **J. M.** . . . 628
XIV. An Elementary course in Mammalian Osteology, by the Rev. A. M. Kirsch, C. S. C., **J. M.** 630
XV. Le Sorgho dans les vallées du Niger et du Haut-Sénégal, par M. Dumas, **É. D. W.** 631
XVI. Le Rafia. Exploitation, utilisation et commerce à Madagascar, par M. Deslandes, **É. D. W.** 632
XVII. Culture et Industrie du Manioc, par L. Colson et L. Chatel, **É. D. W.** 633
XVIII. Kalender für die Baumwollindustrie, 27 Jahrgang, **É. D. W.** 634
XIX. Commercial Geography, by H. Gannett, C. L. Garrison and E. J. Houston, **É. D. W.** . . 635
XX. Expédition antarctique belge. Résultats du S. Y. *Belgica*, en 1897-1898-1899. Rapports scientifiques. Botanique. Les Phanérogames des Terres Magellaniques, par É. De Wildeman, **E. P.** 637
XXI. Fontenelle, par A. Laborde-Milaà, **G. Lechalas.** 640
XXII. La Providence et le Miracle devant la science moderne, par Gaston Sortais, **C. de Kirwan.** 643
XXIII. Monumenta Judaica. Prima pars : Bibliotheca Targumica. Erster Band, erstes Heft. Aramaia : Die Targumim zum Pentateuch. Herausgegeben von A. Wünsche, W. Neumann und M. Altschüler, **S. E.** 651
XXIV. La Belgique, Institutions, Industrie, Commerce, **N. N.** 656

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES, par **H. Bosmans, S. J.** 658
GÉOLOGIE, par **X. Stainier** 674
HYGIÈNE, par **A. Proost.** 680
BOTANIQUE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE, par **É. D. W.** 690

Louvain. — Imp. POLLEUNIS & CEUTERICK, 60, rue Vital Decoster, 60

AMNH LIBRARY
100226259